THOMAS E. FRENCH

Professor de Desenho Técnico na Universidade de Ohio, Membro da Sociedade Americana de Engenheiros Mecânicos

DESENHO TÉCNICO

Tradução de
SOVERAL FERREIRA DE SOUZA
E PAULO DE BARROS FERLINI
Ex-Professor Titular de Desenho Técnico na Escola de Engenharia da UFRGS

19.ª Edição

Volume 1

EDITORA GLOBO
Porto Alegre
1978

Título do original norte-americano:
A MANUAL of ENGINEERING DRAWING
for Students and Draftsmen

Capa de Tânia Porcher

PREFÁCIO À PRIMEIRA EDIÇÃO NORTE-AMERICANA

No ensino do desenho técnico, verifica-se grande diversidade de métodos, e nos cursos de desenho ministrados nas diferentes escolas talvez haja ainda menos uniformidade do que na maioria das matérias lecionadas em nossas escolas técnicas e universidades. Em alguns casos, tenta-se ensinar esta matéria dando aos alunos uma série de pranchas para copiarem. Alguns cursos dedicam todo o tempo de que dispõem ao trabalho na sala de desenho; noutros o tempo é dedicado principalmente a preleções e ao trabalho a ser feito em casa. Alguns começam logo com a teoria da geometria descritiva, trabalhando em todos os ângulos; outros põem de lado a teoria e começam com um curso de detalhes de máquinas. Alguns advogam o emprego extensivo de modelos; outros condenam inteiramente o seu uso.

Para finalidades diferentes destinaram-se diferentes cursos; embora não se pretenda fazer crítica, parece ser possível obter-se mais unidade de método se o conceito de que o desenho é uma verdadeira linguagem for mais bem aceito, uma língua que deve ser estudada e ensinada do mesmo modo que qualquer outra língua. Pode-se ver, com tal conceito, que, a não ser no que se refere ao manejo e uso dos instrumentos e certos padrões de execução, o desenho por meio de cópias é pouca coisa mais útil, para este estudo como arte de expressão, do que, no começo do estudo de uma língua desconhecida, a cópia de parágrafos de um livro estrangeiro.

E parece ser igualmente justo que a boa pedagogia não aconselhe a composição em língua estrangeira antes que os alunos compreendam e apreciem a simples estrutura da frase. Da mesma forma, não se deveria iniciar o "desenho técnico" senão depois de explicada a teoria das projeções.

Após conhecer a técnica da expressão e a maneira de manejar os instrumentos, toda a energia deveria ser orientada no sentido de exercitar a imaginação construtiva, a capacidade de perceber que permite ao aluno pensar em três dimensões, visualizar com rapidez e precisão, e construir uma clara imagem mental, requisito necessário ao desenhista que queira representar seus pensamentos no papel. Já está cabalmente demonstrado que se pode conseguir isto mais prontamente tratando-se dos sólidos antes de tratar-se dos pontos e linhas.

Foi, portanto, dentro deste plano, que considera o desenho como uma linguagem, a linguagem gráfica universal do mundo industrial, com suas várias formas de expressão, sua gramática e seus estilos, que este livro foi escrito. Não é um "curso de desenho", porém um livro escolar, com exercícios e problemas variados, que podem ser selecionados.

As partes de máquinas fornecem as melhores ilustrações dos princípios do estudo, e foram aqui empregadas em larga escala, mas o livro destina-se a todos os estudantes de engenharia. Acrescentaram-se capítulos sobre desenho arquitetônico e topográfico, pois, considerando-se a interpenetração dos vários ramos da engenharia, qualquer profissional deve estar capacitado para ler tais desenhos e com eles trabalhar.

No ensino da matéria, parte do tempo, pelo menos uma hora por semana, pode ser destinada, com proveito, a preleções em aula e trabalho no quadro-negro, ocasião em que poderão ser distribuídas "folhas de estudo" ou pranchas de problemas versando sobre a lição dada, para serem feitos em casa, desenhados a lápis e trazidos na próxima sessão desse tipo. No período de trabalho na sala do desenho, devem marcar-se exercícios que serão executados a lápis ou, em alguns casos, à tinta. Todo trabalho, porém, será feito sob a cuidadosa supervisão do professor.

O emprego judicioso de modelos é de grande utilidade, tanto para os esboços técnicos como, particularmente, para o desenho em escala, fazendo com que o estudante adquira o senso da proporção entre o desenho e a estrutura, de modo que ao ler um desenho tenha a capacidade de visualizar não somente a forma mas, também, o tamanho do objeto apresentado.

No começo do estudo não é aconselhável o uso de pranchas grandes. Um conjunto de tamanhos comerciais de papel de desenho é baseado na divisão da folha de 914,28 mm × 1219,20 mm em tamanhos de 609,59 mm × 914,38 mm, 457,19 mm × 609,59 mm, 304,79 mm × 457,19 mm, e 228,60 mm × 304,79 mm. O tamanho de 304,79 mm × 457,19 mm é suficientemente grande para o primeiro ano de trabalho, enquanto o 228,60 mm × 304,79 mm não é pequeno demais para as primeiras pranchas.

Expressamos nossos agradecimentos aos Srs. Robert Meiklejohn, O. E. Williams, A. C. Harper, Cree Sheets, F. W. Ives, W. D. Turnbull, e W. J. Norris da Direção do Departamento de Desenho Técnico da Universidade do Estado de Ohio pela ajuda que prestaram não somente na preparação dos desenhos, mas também sob a forma de conselhos e sugestões para o texto. Outros professores da mesma universidade auxiliaram-nos com sua valiosa crítica.

Nosso objetivo foi apresentar uma obra adaptada ao moderno exercício da engenharia, e esperamos que a consideração prática das necessidades do desenhista dará a esse livro um valor permanente como obra de consulta na biblioteca do estudante.

O autor terá prazer em cooperar com os professores no uso deste livro como compêndio escolar.

T. E. F.

PREFÁCIO À SEXTA EDIÇÃO NORTE-AMERICANA

Nas edições sucessivas deste livro, o objetivo foi manter a obra em dia com os modernos métodos de engenharia, acrescentando novos elementos ao texto bem como problemas com as respectivas soluções. Reafirmando o que foi dito no prefácio anterior, um curso de desenho consiste essencialmente em uma série de problemas dados referentes a um determinado estudo teórico. O valor do curso repousa na seleção, disposição e método de apresentação desses problemas, escolhidos cada um deles, com a finalidade de aplicar algum determinado ponto do ensino. Nesta edição, os problemas favoritos da edição anterior foram conservados e acrescentamos muitos outros, todos eles representando o desenho comumente usado. Foi aumentado o tamanho da página, permitindo um aumento do tamanho das ilustrações, cujo número passou de 811 para 1062.

Em vista de seu especial interesse atual, acreditamos que os novos capítulos sobre o desenho aeronáutico, desenho de gabarito e montagens receberão seu justo valor, bem como o aumento da antiga parte sobre desenho comercial, que passou a formar um capítulo separado, com o mesmo título. Desde a última revisão, e especialmente no ano passado, a Associação Americana de Normas Técnicas adotou numerosas novas normas entre as quais passaram a ter fácil referência as que se relacionam com o desenho. Esperamos, também, que o novo material apresentado no texto e no apêndice venha não somente melhorar o trabalho para o uso nas aulas como, também, tornar esta obra um livro de consulta para a biblioteca do engenheiro.

O autor sente-se grato aos professores de desenho do país, muitos dos quais são seus amigos pessoais, pelas valiosas sugestões e comentários encorajadores, e a engenheiros industriais pelas valiosas idéias sugeridas. John M. Russ contribuiu novamente para os problemas, H. M. McCully e W. H. Rasche fizeram críticas construtivas, enquanto que C. T. Reid da Douglas Aircraft Company verificou o capítulo relativo à aeronáutica. O interesse e a assistência dos colegas do autor L. D. Jones, C. D. Cooper, H. H. Brittinghan, G. H. Coddington, P. E. Machovina, A. J. Philby e H. W. Shupe merecem também menção, bem como a contribuição de J. N. Edmondson ao capítulo sobre gabaritos e montagens e a bela colaboração de C. J. Vierck.

T. E. F.

SUMÁRIO

CAPITULO I

INTRODUÇÃO

1. Com o termo "desenho técnico" designamos aquele que é usado na indústria, pelos engenheiros e desenhistas, isto é, a linguagem gráfica em que se expressam e registram as idéias e dados para a construção de máquinas e estruturas. Distingue-se do desenho de finalidade meramente artística.

O artista, servindo-se de modelo ou paisagem, ou simplesmente da imaginação, procura executar um desenho que dê ao observador uma impressão semelhante à produzida pelo próprio objeto ou por sua imaginação. Na natureza não existem linhas. Se ele, portanto, se limita, somente, ao emprego destas, em lugar da cor, da luz e da sombra, poderá apenas sugerir sua intenção, cabendo então, à imaginação do observador a tarefa de superar as lacunas.

O desenhista técnico tem uma tarefa maior. Limitado unicamente ao contorno, deve, não só insinuar sua intenção, mas dar uma informação exata e positiva de todos os detalhes da máquina ou estrutura existente em sua imaginação. Eis por que o desenho para ele é mais do que a simples representação pictórica de um objeto. É uma linguagem gráfica completa, por meio da qual pode descrever minuciosamente cada operação e guardar um registro completo da peça, para reprodução ou reparos.

O desenho artístico pode ser compreendido, em maior ou menor grau, por qualquer pessoa. O desenho técnico, não mostrando o objeto tal como ele é visto quando terminado, só pode ser interpretado por quem for versado em sua linguagem.

Como base de qualquer projeto, o desenho técnico, excetuada talvez a matemática, pode ser considerado como a matéria mais importante de uma escola técnica. Todo estudante de engenharia deve saber executar e ler desenhos. Isto é essencial em todas as modalidades práticas da engenharia. A sala de desenho técnico é muitas vezes o pórtico de entrada da indústria, e mesmo aquele que nunca precise desenhar deve ser capaz de interpretar um desenho e saber quando ele está certo ou errado. Será tido como ignorante o engenheiro que desconhecer esta linguagem.

2. Para que seu emprego se torne fácil e preciso, recorre-se ao uso de instrumentos apropriados, e, quando assim empregado, chama-se "desenho com instrumentos". Quando feito a mão, sem o auxílio de instrumentos, denomina-se "desenho a mão livre" ou "esboço". Todo engenheiro deve exercitar-se nestes dois tipos, primeiro, para desenvolver a precisão e a destreza manual, segundo, para adquirir, por uma observação adequada, o perfeito domínio da forma e da proporção.

Nosso objetivo é, pois, estudar esta linguagem a fim de expressá-la e escrevê-la com clareza, de sorte que possamos lê-la prontamente quando escrita por outrem. Para isso devemos conhecer seu alfabeto, sua gramática e sua composição, familiarizando-nos com suas expressões idiomáticas, convenções e abreviaturas.

Este idioma tem apenas, como forma de expressão, a representação escrita ou gráfica. Não pode ser articulado, mas deve ser interpretado, através da formação da imagem mental do objeto representado. O êxito do estudante consiste, não somente na sua habilidade de execução, mas na capacidade de interpretar suas impressões, concebendo-as claramente no espaço.

Não é uma linguagem para ser estudada somente pelos poucos desenhistas profissionais, mas, como já foi dito, deve ser compreendida por todas as pessoas relacionadas ou interessadas na indústria técnica. A sua prática proporciona rapidamente uma observação acurada e a capacidade de conceber no espaço as linhas representadas, cujo valor não é percebido por quem não está familiarizado com ela.

Neste estudo devemos, antes de tudo, habituarmo-nos com a técnica da expressão e, quando são empregados os instrumentos nos trabalhos de precisão, o primeiro requisito é manejá-los com correção e habilidade. Na prática constante adquirir-se-á tal facilidade em seu manejo que o espírito ficará livre de qualquer pensamento sobre os meios de execução. Nesta mesma disciplina está incluído o estudo das letras e algarismos, que constitui geralmente a primeira parte dos cursos de desenho técnico.

CAPÍTULO II

A ESCOLHA DOS INSTRUMENTOS

3. Na escolha dos instrumentos e materiais para desenho, o nosso único conselho é comprá-los da **melhor** qualidade existente na praça. Para quem espera executar trabalhos profissionais, é um grande erro comprar instrumentos de qualidade inferior. Algumas vezes o principiante é tentado a adquirir instrumentos baratos para a aprendizagem, na expectativa de comprar outros melhores mais tarde. Um bom conjunto de aparelhos durará, razoavelmente cuidados, toda uma existência, enquanto que os ordinários causarão aborrecimentos desde o começo e se estragarão com pouco tempo de uso. Um instrumento inferior se parece tanto com outro de qualidade, que um amador é incapaz de os distinguir e deve, antes de comprá-los, procurar um bom conselheiro.

Este capítulo é dedicado a uma rápida descrição dos aparelhos usualmente necessários no desenho. Alguns outros que não são de uso diário, mas destinados a trabalhos especiais, encontram-se descritos no capítulo XXX.

4. Lista de instrumentos e materiais:

1. Um estojo de couro para desenho, contendo, no mínimo, o seguinte: um compasso composto, ou de traçado, de 15 cm, com ponta seca móvel, porta-lápis, tira-linhas e ampliador; um compasso de pontas secas, de 15 cm, com parafuso de regulação; dois tira-linhas; três compassos de mola e uma caixa para minas de grafita duras;
2. Prancheta;
3. Régua T;
4. Esquadros de 45° e 60°;
5. Escala para engenheiros mecânicos (três de seção achatada, com duas graduações; ou uma de seção triangular, com seis graduações) com escalas proporcionais em pés e polegadas;
6. Régua de cálculo (1);
7. "Percevejos" e faixas gomadas;
8. Lápis de desenho: 6 H, 2 H e F;
9. Apontador de lápis (lixa ou lima);
10. Borracha para lápis;
11. Tinteiro de nanquim;
12. Porta-tinteiro;
13. Caneta, penas para letreiros, limpador de penas;
14. Curvas francesas;
15. Papel opaco de desenho;
16. Papel transparente de desenho.

A lista acima pode ser ainda aumentada com a seguinte relação:

17. Borracha macia para limpeza;
18. Pano de limpar poeira;
19. Grelha protetora para apagar traços defeituosos:
20. Esquadro para letras;
21. Transferidor;
22. Escala para engenheiros civis;
23. Lâmina curvilínea universal;
24. Caderno para rascunhos;
25. óleo fino de lubrificação;
26. Pedra-sabão;
27. Canivete afiado ou apontador (para apontar lápis).

(1) Nota do tradutor: No Brasil se usa o triplo decímetro seção triangular, tendo as escalas referidas ao milímetro.

O estudante deverá marcar claramente, com suas iniciais ou nome, todos os aparelhos logo após sua compra.

(1) **Estojo de desenho.** Todos os instrumentos modernos de boa qualidade têm as juntas em pião e devem proceder de fábricas de renome. Os aparelhos mais antigos (e alguns modernos) eram dotados de charneira ou articulações com lingüeta, mas o atrito desta sobre o eixo ocasionava um endurecimento que os inutilizava em pouco tempo. Nas articulações de eixo, o movimento se faz em torno de pontas cônicas ajustáveis. A fig. 1 representa vários tipos de articulação de eixo.

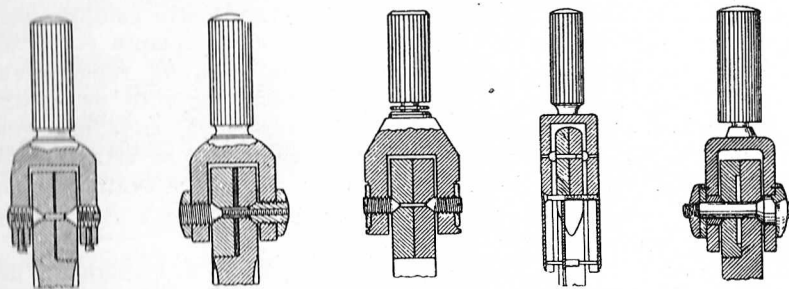



Fig. 1 — Corte das juntas em pião

O sistema de prender a cabeça do compasso à peça de fixação das pernas, embora não seja essencial ao movimento da articulação, é de muita utilidade. Nem todos os aparelhos com cabeça cilíndrica usam este sistema: há diversos outros dispositivos retificadores para mantê-la ereta, que, todavia, não são do agrado dos desenhistas.

Os compassos modernos são fabricados em três feitios distintos: o de pernas facetadas, ou compasso americano (A), o de pernas redondas (B) e o de pernas chatas (C), Fig. 2. A escolha entre estes três tipos depende

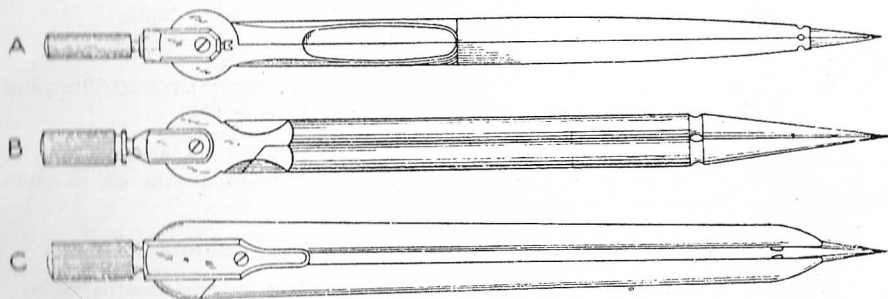



Fig. 2 — Os três feitios de compassos

apenas da preferência pessoal. O costume de usar um determinado tipo afasta o desejo de trocá-lo.

Para se verificar a precisão de uma compasso dobram-se as pernas articuladas, unindo as duas pontas, como na figura 3. Quando estas não se tocam, o compasso é defeituoso e deve ser rejeitado. O compasso comum

tem 15 cm de comprimento, mas o tipo preferido pelos desenhistas é o que tem lápis ou o tira-linhas fixo à perna e mede 10 cm de comprimento.

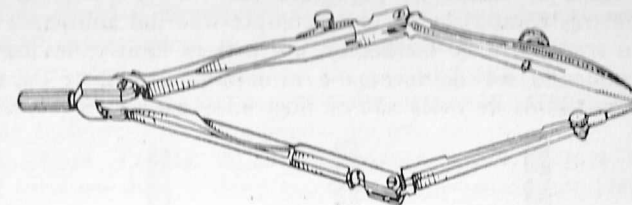



Fig. 3 — Verificação do compasso

Os compassos de pontas secas são de perna inteiriça, como os da figura 2, ou de perna articulada, como o da figura 4. Este último deve ser preferido, pois possui um parafuso para um ajustamento mais perfeito que às vezes é necessário.

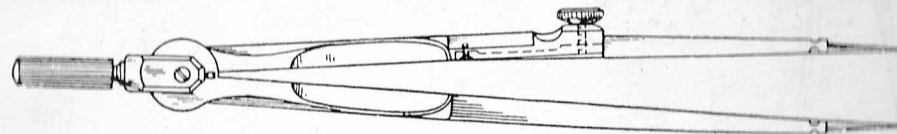



Fig. 4 — Compasso de pontas secas, com parafuso de regulação

Os compassos podem também ter a perna da ponta seca articulada.

Os tira-linhas são fabricados em diversos formatos, Fig. 5. Os dois tipos mais conhecidos são o de lâmina de mola (A), que abre o bastante para a limpeza, e o de lâmina articulada (E), que se limpa sem modificar a posição do parafuso de abertura. Em (F) vemos um tira-linhas "bico de pato", também conhecido como "tira-linhas sueco", que é muito útil nos desenhos de grande tamanho.

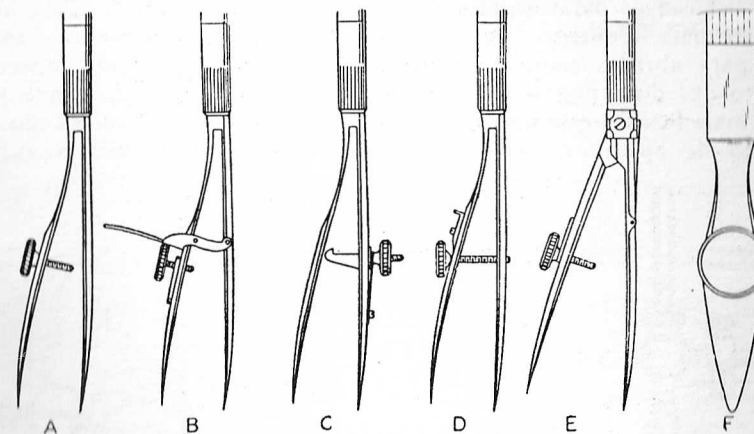



Fig. 5 — Tira-linhas abertos para a limpeza

O bico dos tira-linhas terá a conformação que se mostra na figura 36. Eles geralmente vêm mal apontados da fábrica e, antes de usá-los, devem ser afiados, como se ensina no parágrafo 18.

O jogo de três compassos de mola compreende um compasso de pontas secas, para o transporte de distâncias, outro para lápis e um terceiro para tira-linhas, podendo ser de formas e tamanhos diversos. Os tipos mais comuns de compassos de mola são os ilustrados na Fig. 6 (A, B e C).

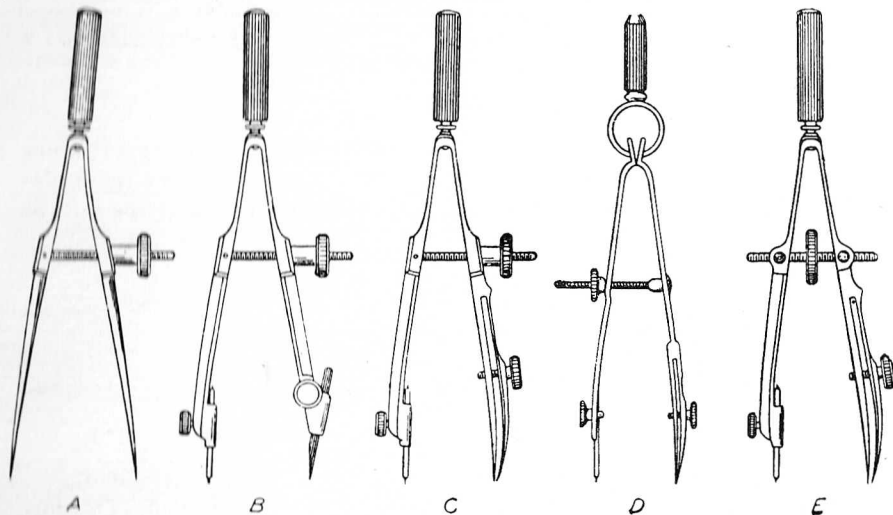



Fig. 6 — Compassos de mola

O que aparece em D é o tipo de mola em anel, ou compasso "Richter". Todos eles são de parafuso lateral ou no centro, como em E. Este último é de uso mais freqüente. As molas destes compassos devem ser bastante fortes para abri-los completamente, mas não tão duras que impeçam o contacto das duas pontas. No compasso de mola em anel, esta é geralmente mais flexível que no tipo de mola plana. A Fig. 7 mostra um novo conjunto de aparelhos, recebido favoravelmente pela indústria automo-

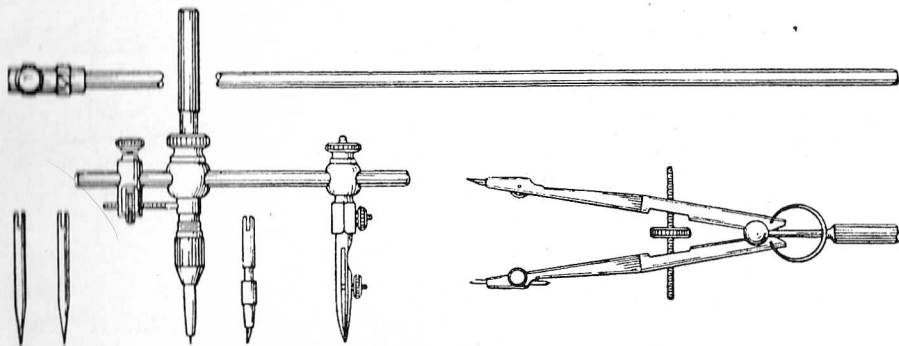



Fig. 7 — Aparelhos empregados pela indústria automobilística

bilística, consistindo de um compasso de mola grande e reforçado; (alguns deste tipo têm uma das pontas adaptadas para receber o tira-linhas, o lápis ou a ponta seca) e de um compasso cintel com haste tubular, para o traçado de grandes circunferências. O tira-linhas do compasso, inserido a um cabo qualquer, serve de tira-linhas comum.

(2) **A prancheta** será de pinho claro compensado (1), para evitar empenamento. Deve ser escolhida com todo o cuidado, depois de se verificar a aresta de trabalho com uma régua de aço.

(3) **A régua T**, Fig. 8 A, comumente usada, tem a cabeça fixa, é feita de madeira dura e deve ter a haste perfeitamente reta e de preferência transparente.

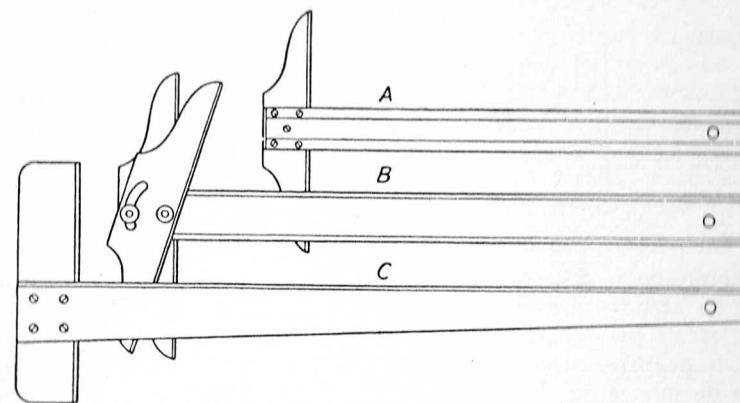



Fig. 8 — Réguas T: de cabeça fixa, de cabeça móvel e do tipo inglês

Um desenhista precisa ter diversas réguas T de cabeça fixa, de diferentes comprimentos, e uma de cabeça móvel, para emprego eventual. Em

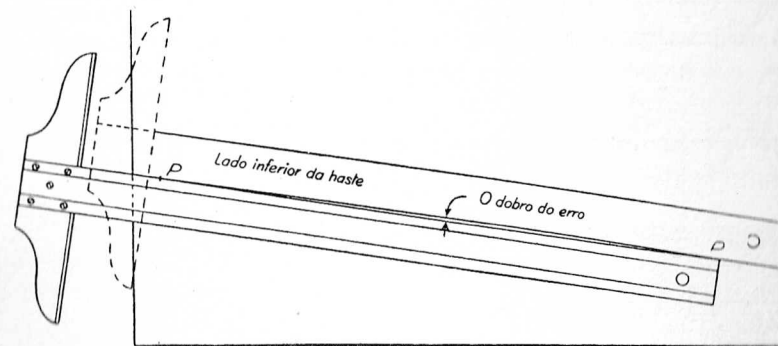



Fig. 9 — Como aferir uma régua T

C vemos o tipo inglês, constituído de uma haste de aresta chanfrada que se estreita para a extremidade. Quando grande, tem a vantagem da rigidez

(1) Nota do tradutor: No Rio Grande do Sul, emprega-se muito a timbaúva.

e estabilidade, mas também o inconveniente da aresta inferior prejudicar o senso de perpendicularidade do desenhista. Para verificar se a aresta da régua T é perfeitamente retilínea, traça-se uma linha fina ligando dois pontos e depois, invertendo a posição do T, traça-se com a mesma aresta outra linha que passe pelos mesmos pontos, como mostra a figura 9.

(4) **Os esquadros** transparentes de celulóide são preferíveis aos de madeira, mas em virtude da dilatação interna perdem sua precisão, e por isso devem ser aferidos periodicamente, traçando-se linhas perpendiculares como mostra a figura 10. Nos desenhos comuns emprega-se um esquadro de 45º, de 15 ou 20 cm, e outro de 60º, de 25 cm. Os esquadros, quando não estão em uso, serão mantidos imprensados para evitar empenamento.

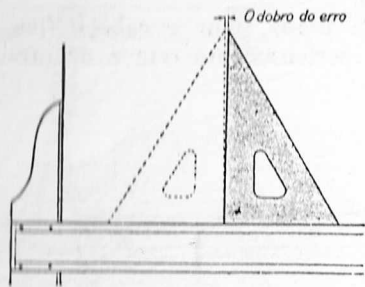



Fig. 10 — Modo de aferir um esquadro

(5) **Escalas.** Há duas espécies de escalas, (1) as que têm a polegada com graduação decimal, Fig. 11, e as de graduação inglesa em partes proporcionais do pé e da polegada, Fig. 12.

Os nomes comerciais desses dois tipos de escalas provocam confusão no espírito do estudante novato porque os vendedores chamam ao primeiro tipo de "escala para engenheiros" e ao segundo de "escala para arquitetos", embora o primeiro tipo seja usado somente pelos engenheiros civis no desenho de mapas ou diagramas e na solução gráfica dos problemas, e o segundo o seja, não só por arquitetos, mas por engenheiros mecânicos,

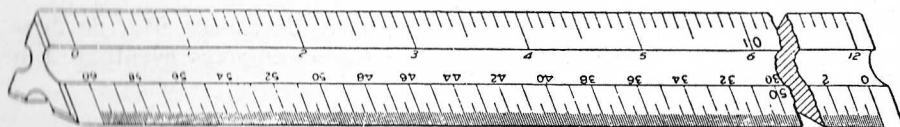



Fig. 11 — Escala para engenheiros civis

eletrotécnicos, químicos industriais, de minas e civis, no desenho de máquinas e de estruturas. Daí os títulos das figuras 11 e 12.

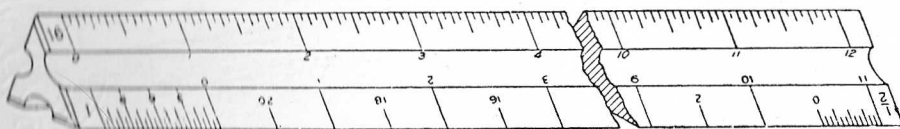



Fig. 12 — Escala para engenheiros mecânicos

As réguas são geralmente feitas de madeira dura, metal ou papelão e são de diferentes seções Fig. 13. As formas triangulares A e B são as mais comuns, com a vantagem de apresentar um maior número de escalas

sobre uma única régua, mas com o inconveniente da demora em se achar a escala desejada. Três escalas achatadas equivalem a uma triangular. A escala de biséis opostos E é mais fácil de ser apanhada do que a de forma regular, D. Muitos desenhistas profissionais usam um conjunto de seis ou oito escalas, cada uma com um só tipo de graduação. A régua de biséis opostos é o modelo preferido pelos desenhistas de máquinas, sendo uma escala dividida em unidades de um lado e meias unidades do outro, (Fig. 14), e a outra com um lado dividido em quartos e o outro em oitavos.

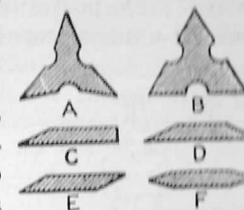



Fig. 13 — Escalas de diferentes seções

(6) **Régua de cálculo.** A régua de cálculo, embora não seja um instrumento de desenho, é indispensável ao engenheiro, sendo seu emprego eficiente um requisito de todo moderno gabinete de desenho. Um bom sistema para o principiante aprender a utilizá-la é fazer seu estudo juntamente com o curso de desenho. Ela permite o cálculo rápido dos volumes e pesos das ligas, que é uma parte essencial da tarefa do desenhista. Recomendamos aos engenheiros projetistas o emprego de réguas de 25 cm e de boa marca.

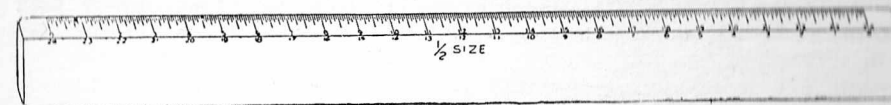



Fig. 14 — Escala natural e 1 : 2

(7) **Percevejos** ou **tachas.** Os de melhor qualidade têm a cabeça delgada com as pontas de aço nela aparafusadas. Os percevejos fundidos são mais baratos. Deve-se dar preferência aos percevejos de pontas curtas e afiladas. As faixas gomadas estão se tornando de uso mais freqüente como meio de prender o papel à prancheta. Elas podem ser usadas, ou colando um pedaço em cada canto do papel, ou colando-as em todos os seus lados.

(8) **Lápis de desenho.** São graduados pela combinação de letras desde o 6 B (macio e preto), 5 B, 4 B, 3 B, 2 B, B, HB, F, H, 2 H, 3 H,... até o 9 H (extremamente duro). Alguns desenhistas preferem uma lapiseira contendo os tipos padrões de minas.

(9) Uma lixa ou uma lima chata deve sempre estar à mão, para apontar os lápis e as minas dos compassos.

(10) **Borracha.** Atualmente dá-se preferência à borracha para lápis, principalmente a de tamanho grande com uma extremidade em bisel. Ela é melhor para o nanquim do que a chamada borracha de tinta, porque remove a tinta, sem danificar muito a superfície do papel ou da tela. Uma borracha macia é necessária à limpeza do papel.

(11) **A tinta de desenho** é um pó fino de carvão em suspensão, ao qual é adicionada uma substância resinosa para torná-la à prova dágua. A tinta que não resiste à água flui mais facilmente, mas borra com fre-

qüência. O nanquim em bastão, friccionado a uma pedra de ardósia e diluído em água, é usado na execução de aguadas ou em linhas finíssimas.

(12) **O porta-tinteiro.** O porta-tinteiro protege os desenhos, a mesa ou o assoalho contra um derrame eventual do tinteiro. São fabricados dos mais variados tipos, um dos quais se vê na Fig. 15.

Fig. 15 — Porta-tinteiro

Na sua falta usa-se, como substituto temporário, a metade inferior da caixa de papelão em que é vendido o frasco, fixada à mesa por um percevejo, ou então um pedaço de pano ou papel que passe sobre o tinteiro, deixando o gargalo livre através de um orifício adequado e indo fixar-se à prancheta por intermédio de tachas.

(13) **A caneta.** A caneta terá um diâmetro capaz de permitir a sua introdução na boca do tinteiro. As penas destinadas ao desenho de letras ou algarismos serão escolhidas dentre os sortimentos apresentados no Cap. IV, onde elas são encontradas em séries, da mais grossa à mais fina. Um limpador de penas e tira-linhas, de pele de camelo ou de pano, que não o linho deverá estar sempre ao alcance da mão.

(14) **As curvas.** As chamadas curvas francesas empregam-se para traçar todas as curvas que não sejam arcos de circunferência. Elas são

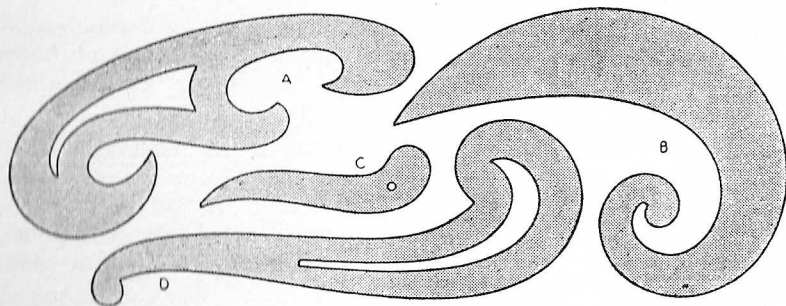



Fig. 16 — Curvas francesas

constituídas de uma combinação variada de partes de elipses, espirais e outras curvas matemáticas. Para o aluno serão suficientes: uma curva de elipses, do tipo A ou D, Fig. 16, e uma de espirais, podendo ser de espirais logarítmicas, como a do tipo B, ou semelhante à da Fig. 49.

(A espiral logarítmica se aproxima mais da ciclóide e das outras curvas matemáticas que qualquer outra curva simples.)

As lâminas curvilíneas universais são lâminas flexíveis que podem ser ajustadas e mantidas sobre os pontos da curva a desenhar por meio de pesos de chumbo chamados, pelos desenhistas americanos, de "ducks" (patos). Existem de vários comprimentos e fazem parte de todas as salas de desenho aeronáutico.

(15) **Papel de desenho.** Há várias qualidades deste papel, que pode ser adquirido em folhas ou em rolos, aos mais variados preços. O papel branco que não amarelece com o tempo ou a luz, é usado nos desenhos finais das plantas e mapas e nos que devem ser reproduzidos fotograficamente. Nos desenhos comuns usa-se o papel de cor creme-claro, por ser mais agradável à vista que o branco. A superfície do papel deve, geralmente, ter uma granulação ou aspereza suficiente para fixar o lápis, causar boa impressão e ser bastante dura para resistir à fricção da borracha. Não é aconselhável o emprego de papel barato, pois a despesa de alguns cruzeiros a mais por metro se justifica pelo aumento de conforto que proporciona ao trabalho o bom papel.

Fig. 17 — Lâmina curvilínea universal

Quando se necessita de uma grande quantidade, sai mais em conta comprá-lo a peso.

(16) **Papel vegetal.** É um papel fino e transparente, por meio do qual se pode fazer a cópia a lápis ou a tinta de um desenho que se presta às reproduções heliográficas e similares.

Em muitos gabinetes de desenho, os originais já são traçados a lápis sobre estes papéis e deles são tiradas diretamente as cópias heliográficas, prática que vem progredindo constantemente, em virtude dos melhoramentos introduzidos no fabrico do papel e nos métodos de impressão. Há muito tempo se usa o papel tela para fazer decalques a nanquim, mas só recentemente foi melhorado a ponto de nele se poder desenhar a lápis com a mesma facilidade com que se desenha no papel comum. Os processos de cópia em papel transparente e os de reprodução vêm, descritos no capítulo XXVIII.

5. Os instrumentos e materiais descritos neste capítulo são os que se necessitam nos trabalhos comuns e, com o sortimento de papéis, lápis, tinta, borracha, etc., é tudo o que se deve encontrar junto ao desenhista, em seu escritório.

Há muitos outros instrumentos especiais que não são necessários para os trabalhos comuns, mas com os quais o desenhista precisa se familiarizar, porque lhe podem ser úteis, em certos casos particulares, e fazem parte, muitas vezes, do seu equipamento. Alguns deles são descritos no capítulo XXX.

CAPÍTULO III

MANEJO DOS INSTRUMENTOS

6. Nas primeiras lições, é necessária uma atenção especial sobre a maneira correta de manusear os aparelhos de desenho. Devem-se ler cuidadosamente as instruções dadas e observar fielmente todos os detalhes da técnica. Com a prática se adquire a facilidade em desenhar, mas desde o começo deve-se insistir com o aluno para que trabalhe de *forma adequada*. Pode-se aprender a escrever agradavelmente, segurando a pena entre os dedos ou na mão fechada, mas isto não é aconselhável. A maneira incorreta de desenhar é infelizmente comum, e isto se deve a desleixo ou falta de orientação adequada nas primeiras lições, com a conseqüente formação de maus hábitos. Êstes, uma vez adquiridos, dificilmente se largam.

Todo desenho feito com instrumentos serve ao mesmo tempo como lição prática sobre o seu manejo. É aconselhável, entretanto, que o principiante execute alguns desenhos exclusivamente para se familiarizar com o uso e o modo de cada instrumento, de tal forma que, ao ser executado um trabalho, não perca tempo devido a um manejo defeituoso. A correção e destreza em seu manuseio tornam-se, depois de algum tempo, um ato reflexo.

Precisão e *rapidez* são os dois requisitos principais para um desenhista, e nos trabalhos comerciais nenhuma destas qualidades tem valor isoladamente. Desenhar a lápis com precisão deve ser sua primeira preocupação, e só usará o nanquim depois de executar eficientemente o desenho a lápis. Um bom professor sabe que é errado tolerar, por bondade, o relaxamento ou os erros dos principiantes. As qualidades ou defeitos adquiridos de início, refletem-se em toda a vida profissional, e o neófito deve aprender que o desenho *bom* exige o mesmo tempo de execução que o *mau*. O uso da borracha sai caro e, na maioria dos casos, pode ser evitado. O estudante que se habituar a trabalhar sem cuidado, acabará considerando a borracha como a peça mais importante de seu equipamento, embora seja permitido ao profissional usá-la algumas vezes na correção de descuidos. Eis por que é ensinado o modo de efetuar correções, mas o trabalho do principiante não deve ter qualquer defeito ou mancha.

7. **Condições em que deve ser executado o desenho.** A prancheta deve ser colocada de modo que a luz a ilumine pela esquerda, a uma altura que permita trabalhar de pé (90 a 100 cm de altura) e com uma inclinação de 1 por 8.

Desenha-se de pé com mais desembaraço que sentado. Os aparelhos e a prancheta devem ser limpos com um pano antes de começar o desenho.

8. **O lápis.** O número do lápis será escolhido com toda a atenção, de acordo com a natureza da superfície do papel empregado. Usa-se um lápis duro, 5 H ou 6 H, ao fazer o esbôço em papel opaco, e lápis mais mole

(de H a 3 H) para desenhos definidos e cópias sobre papel transparente tipo "Vellum", a fim de que estas possam ser impressas. Em todos os casos, o lápis precisa ser bastante duro para não borrar ou manchar o papel, mas não demasiadamente a ponto de produzir-lhe arranhaduras, calcando-o normalmente.

Apara-se o lápis na parte oposta às letras, cortando a madeira a canivete, em forma de cone alongado, como ilustra a figura 18 *A*, e afia-se a mina como se vê em *B*, esfregando-a sobre uma lixa. Para traçar-se uma linha comprida com um lápis de mina apontada conicamente, far-se-á girar o lápis a fim de conservar a finura de sua ponta e de seu traço.

Uma ponta longa em forma de duplo bisel, *C*, não desgastará tão depressa como a cônica e, por isso, é preferida por alguns desenhistas, no traçado de linhas retas. Êste tipo de ponta se consegue aparando a madeira como em *A*, fazendo depois dois entalhos opostos, como se vê em *C*, e afiando a mina com uma lima ou lixa; termina-se a operação atritando os dois cantos da ponta, para torná-la mais estreita que o diâmetro da mina.

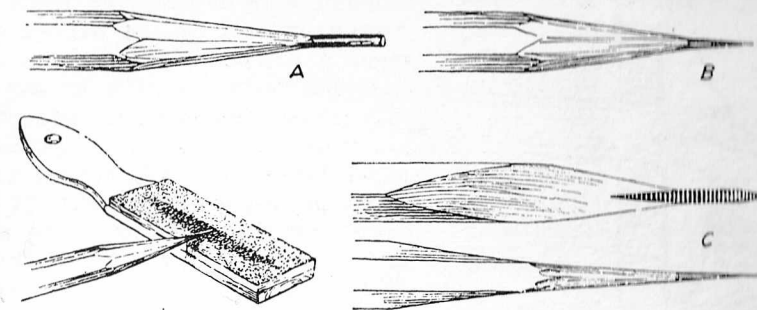



Fig. 18 — Modo de aparar o lápis

Os lápis mais moles (F ou H) usam-se para esboços e para letras. O apontador com lixa estará sempre ao alcance para a *conservação dos lápis apontados*. Alguns usam este apontador, ou a lima, dependurados à prancheta por um cordão. O desenhista profissional aponta seu lápis em intervalos de poucos minutos. Ele deve habituar-se a apontar a mina tantas vezes quantas molharia a pena, escrevendo a tinta.

O emprego de apontadores mecânicos, nos gabinetes de desenho, economiza o tempo.

Nos desenhos a lápis e nas cópias em papel transparente destinados à reprodução heliográfica, o trabalho deve estar obrigatoriamente limpo, ser constituído de traços finos e todas as linhas da mesma natureza serão representadas por um traço uniforme, firme e opaco. Para isso os lápis serão cuidadosamente escolhidos, pois para se conseguir um traço firme com um lápis muito duro, o papel ficará sulcado pela pressão da ponta. Limpa-se de quando em vez o excesso de grafita do lápis.

Nunca serão exagerados os conselhos dispensados à limpeza, cuidado e precisão dos desenhos a lápis. Não se pense que um desenho malfeito possa ser corrigido, ao copiá-lo em papel transparente.

9. Uso da régua T. A régua T usa-se sempre com a cabeça sobre o lado menor esquerdo da prancheta (salvo no caso em que o desenhista é canhoto para quem a prancheta deve ser colocada iluminada pela direita e a régua T usada no lado menor direito). Como a régua é mais rígida próximo à cabeça que na extremidade, o papel, quando for menor que o tamanho da prancheta, será colocado junto ao lado esquerdo desta (distando cerca de 2 a 3 cm) e a face inferior do papel deverá ficar a uma distância da aresta inferior da prancheta nunca menor que a metade do comprimento da cabeça da régua T. Apoiando-a sobre o lado esquerdo da prancheta, coloca-se o papel em esquadro, fazendo-o coincidir aproximadamente com a aresta da régua T. Fixando-o nesta posição, desloca-se a régua T um pouco para baixo e finca-se um percevejo em cada um de seus cantos superiores, fazendo pressão sobre eles até a cabeça apertar o papel, faz-se então o T deslizar para baixo, procurando desmanchar as rugas do papel e prendem-se com percevejos os seus ângulos inferiores.

Fig. 19 — Emprego da régua T

A régua T usa-se evidentemente para linhas horizontais, que sempre são traçadas da esquerda para a direita; por isso, a marcação das linhas é feita do lado esquerdo. As verticais são traçadas com o esquadro apoiado na régua T, tendo sempre a face perpendicular voltada para o lado da cabeça do T e, portanto, na direção da luz. Elas são sempre traçadas de baixo para cima, devendo por isso, a sua marcação estar na base do papel.

No traçado das linhas, o desenhista preocupar-se-á em fazê-las paralelas à face guia do T ou do esquadro, segurando o lápis levemente e mantendo-o junto à face, sem variar sua inclinação durante o traçado da linha. Para se traçarem as horizontais, opera-se com a régua T da maneira seguinte: segurando-a pela cabeça, como se vê em A, Fig. 19, o desenhista a faz deslizar ao longo da borda da prancheta até uma posição muito próxima à que se deseja. Para o ajustamento final ele poderá proceder

de duas maneiras: primeiro, como em *B*, onde o dedo polegar se apoia sobre a cabeça da régua T e os outros fazem pressão por baixo da prancheta; segundo, como em *C*, onde os dedos permanecem sobre a régua e o polegar apoia-se sobre a mesa, que é o mais usado.

No traçado de linhas verticais, a régua T é mantida em sua posição contra a borda esquerda da prancheta pelo dedo polegar e o mínimo da mão esquerda, ao mesmo tempo que os outros dedos desta mão ajustam o esquadro, como ilustra a Fig. 20. Verifica-se que a régua T está em contacto com a borda da prancheta, ouvindo-se um duplo estalido produzido ao se ajustarem.

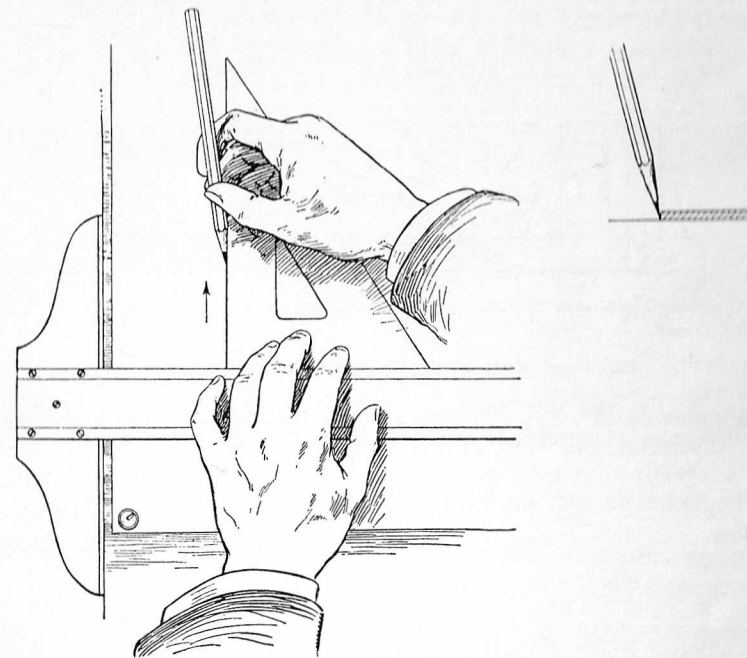



Fig. 20 — Traçado de uma vertical

10. Dimensionar a folha de papel. O papel é geralmente cortado um pouco maior que o tamanho do desenho, e só é recortado nas dimensões definitivas depois deste pronto. Suponhamos que o tamanho do desenho seja de 28 cm × 43 cm, incluindo uma margem de 12 mm. Coloca-se a escala próximo à face inferior do papel e medem-se 43 cm, assinalando a distância a lápis; ao mesmo tempo marcam-se 12 mm para o interior, a partir de cada extremidade desta linha. Para marcar uma dimensão faz-se um pequeno traço que fique no prolongamento da divisão correspondente da escala. É errado fazer um ponto a lápis, que fure o papel. Próximo à face esquerda do papel marcam-se 28 cm e as duas margens de 12 mm. Traçam-se quatro linhas horizontais com a régua T, passando pelas marcações feitas ao lado esquerdo e, pelos pontos da face inferior, levantam-se as verticais, usando o esquadro apoiado na régua T.

11. Uso dos esquadros. Já vimos que as linhas verticais são traçadas com o esquadro apoiado no T, Fig. 20. Tanto no desenho a lápis como a nanquim os esquadros deslizam sobre uma aresta guia retilínea. Para maior precisão nunca se emprega a parte final do vértice do esquadro e, a fim de evitar isso, conserva-se a régua T abaixo da linha base.

Apoiando-se o T sobre a aresta da prancheta, podem-se traçar linhas oblíquas que façam ângulos de 30°, 45° e 60° com a horizontal, conforme mostra a figura 21, onde as setas indicam a direção dos traços.

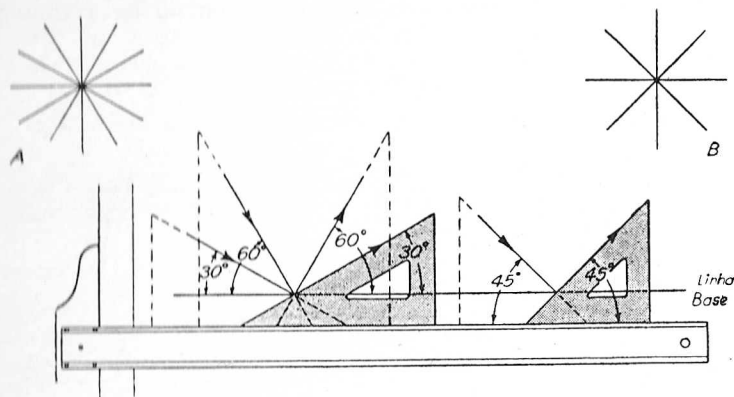



Fig. 21 — Modo de traçar ângulos de 30°, 45° e 60°

Os ângulos de 15°, 75°, 105°, etc., são feitos com esquadros combinados, Fig. 22. Podemos, portanto, traçar diretamente qualquer ângulo múltiplo de 15° e dividir o círculo com o esquadro de 45° em 4 ou 8 partes: e com o esquadro de 60°, em 6 ou 12 partes e, com os dois combinados, em 24 partes.

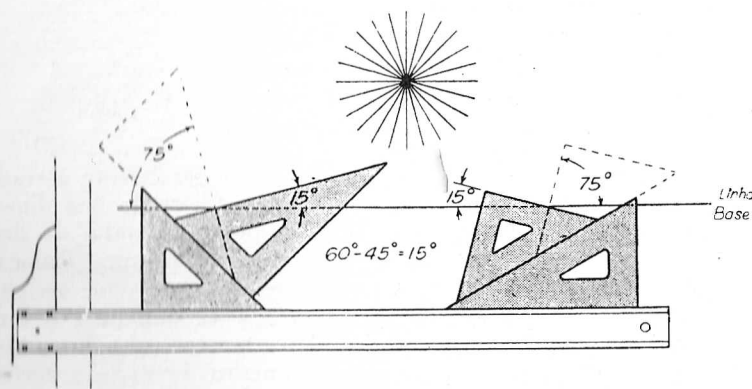



Fig. 22 — Modo de traçar ângulos de 15° e 75°

Ao usar os esquadros é preciso manter a régua T pelo menos 2 cm abaixo do começo da linha.

Para se traçar uma linha paralela a outra, Fig. 23, coloca-se em coincidência com a linha dada um dos lados do esquadro, apoiado contra a aresta da régua T, ou de outro esquadro, fixa-se a régua ou o esquadro guia e se desloca o outro até a posição que se quer.

Para traçar-se uma perpendicular a qualquer linha dada, Fig. 24 A, faz-se a hipotenusa de um esquadro coincidir com ela, tendo um cateto apoiado sobre a régua T, ou outro esquadro. Segura-se o T nesta posição e vira-se o esquadro de modo que o outro cateto venha se apoiar sobre o T; a hipotenusa será, neste caso, perpendicular à linha dada. Faz-se então o esquadro deslizar até a posição desejada da perpendicular. Um processo mais rápido é colocar o esquadro com sua hipotenusa sobre uma aresta guia, ajustar **um dos** catetos à linha e deslocar o esquadro até o ponto conveniente, traçando-se a perpendicular como se vê em B.

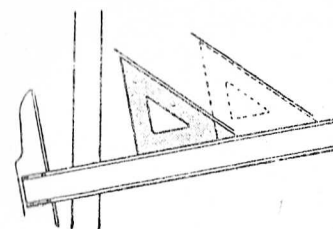
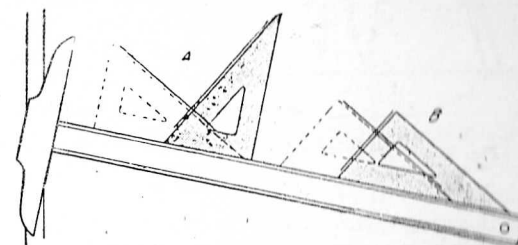



Fig. 23 — Traçado de paralelas   Fig. 24 — Traçado de perpendiculares

Nunca se traça uma perpendicular a uma linha colocando um dos catetos do esquadro em coincidência com ela.

12. Uso do compasso de pontas secas. Estes compassos são empregados como transportadores de medidas e para dividir linhas em um certo número de partes iguais. No uso desse instrumento é indispensável adquirir-se destreza e rapidez em seu manejo. Pode-se abri-lo só com uma das mãos, segurando uma das hastes entre o anular e o polegar e a outra entre o médio e o indicador, ficando o polegar e o indicador pelo lado de fora e o médio e anular em seu interior, com a articulação das hastes na altura da junta do dedo indicador, Fig. 25. Ele fica assim sobre perfeito controle, podendo-se fechá-lo com o polegar e o indicador e abri-lo com os outros dois dedos. Este movimento deve ser praticado até que se adquira a habilidade de abri-lo ou fechá-lo em pequeníssimas porções. À medida que se o vai fechando, o dedo médio e anular vão gradualmente escorregando para fora das hastes, pois estas se fecham sobre eles. Observe-se que o dedo mínimo não é usado no manejo deste compasso.

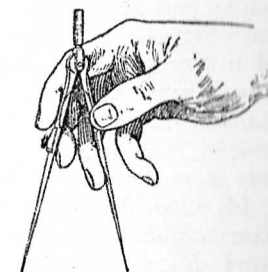



Fig. 25 — Modo de segurar o compasso de pontas secas

13. Dividir uma linha por meio de tentativas. Para dividir uma linha ao meio, dá-se ao compasso uma abertura por estimativa, igual à metade do seu comprimento. Esta distância é transportada para a linha, segurando-se o compasso pela cabeça cilíndrica entre o polegar e o indicador. Se a divisão for curta, a perna deve ser afastada da metade do comprimento restante, estimado à vista, sem remover a outra do papel, e repete-se a experiência com esta nova abertura, Fig. 26. Se não se chegar a um resultado exato, renovar-se-á a operação. Com alguma prática pode-se dividir uma linha rapidamente. Analogamente, dividem-se as linhas retas ou curvas em um número qualquer de partes iguais. Se forem, por exemplo cinco, estima-se a extensão da quinta parte e, dando ao compasso esta abertura, fazemo-lo caminhar ao longo da linha, mantendo-o verticalmente e girando-o num e noutro sentido. Se a última divisão não alcançar a extremidade da linha, a abertura do compasso, mantida uma das pontas sobre o papel, será aumentada de um quinto do comprimento restante e a operação será repetida.

Fig. 26 — Modo de dividir uma linha

Caso o último passo ultrapasse a extremidade da linha, deve-se, então, diminuir sua abertura de um quinto do excesso. Quando for difícil executar estes pequenos ajustamentos com os dedos, empregar-se-á, então, o parafuso de regulação, que, atuando sobre a mola do compasso, permite pequenos movimentos (Fig. 4). E se as divisões forem numerosas e pequenas será usado o compasso de mola. Evite-se a desagradável perfuração do papel provocada pelas pontas do compasso. Quando necessário, assinalar-se-ão os furos por meio de pequenas circunferências traçadas a lápis, em torno dos mesmos. Toda vez que uma linha deva ser dividida em partes iguais, por alguém que não maneje com eficiência o compasso, é preferível utilizar a escala, de acordo com a explicação dada no parágrafo 52. Usam-se também os compassos de redução, Fig. 1029, na divisão de linhas retas e dos arcos de círculo.

Fig. 27 Fig. 28

14. Uso do compasso. O compasso comum tem em geral a mesma forma dos de pontas secas e maneja-se da mesma maneira. Em primeiro lugar se ajusta definitivamente a ponta seca, deixando-a ligeiramente mais comprida que a outra ponta, depois de inserido o porta-lápis ou o tira-linhas, Fig. 27. A mina de grafita deve ser apontada em bisel, como na Fig. 28.

Modo de traçar uma circunferência. Marca-se o raio sobre o papel, coloca-se a ponta seca sobre o centro, guiando-a com auxílio da mão esquerda, Fig. 29, e dá-se uma abertura ao compasso igual ao raio, segurando-o como na figura 25. Uma vez ajustada a abertura, eleva-se a mão direita para segurá-lo pela cabeça cilíndrica e traça-se a circunferência de uma só vez, no sentido dos ponteiros do relógio, girando-se a cabeça entre o polegar e o indicador e inclinando o compasso ligeiramente na direção da linha, Fig. 30.

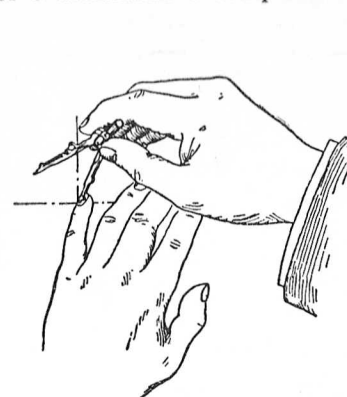



Fig. 29 — Modo de guiar a ponta seca

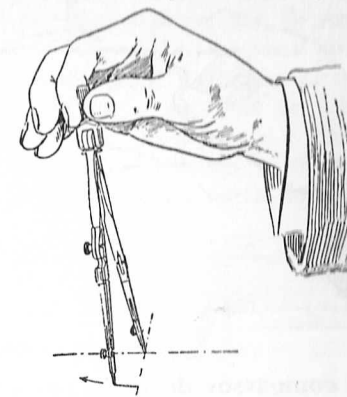



Fig. 30 — Modo de iniciar o traçado de uma circunferência

A Fig. 31 ilustra a posição dos dedos após a revolução. O traço do lápis pode ser reforçado, se necessário, girando-se o compasso em sentido contrário (isto é uma exceção à advertência do fim do capítulo). As circunferências de diâmetros até 8 cm são feitas sem dobrar as pernas do compasso, mas nas maiores, tanto a do porta-lápis como a da ponta seca são dobradas de modo que fiquem perpendiculares ao papel, Fig. 32. Podem-se traçar desta maneira, com o compasso de 15 cm, circunferências de diâme-

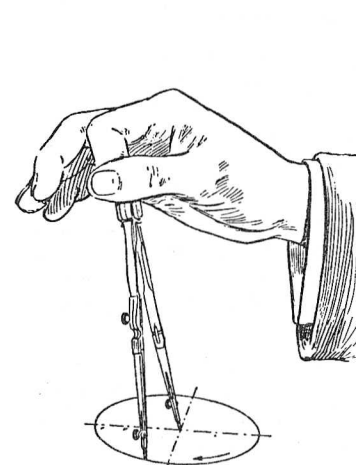



Fig. 31 — Modo de concluir o traçado de uma circunferência

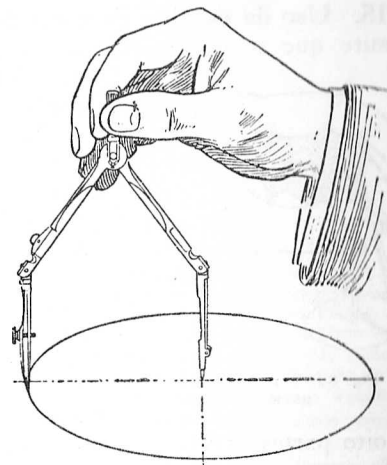



Fig. 32 — Traçado de circunferências maiores

tros até 25 cm. Para maiores usa-se o compasso com o ampliador, ilustrado na Fig. 33, ou o compasso cintel, Fig. 7. Ao traçarmos circunferências concêntricas, as *menores* devem ser traçadas em *primeiro* lugar, antes que o orifício do centro esteja muito gasto.

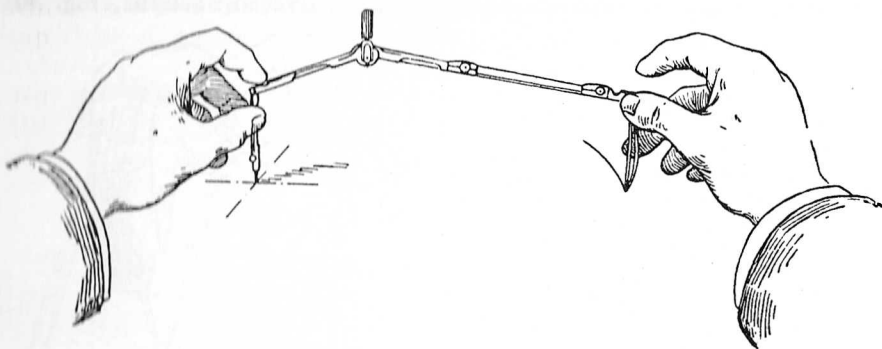



Fig. 33 — Emprego do ampliador

Os compassos de mola são usados principalmente para as pequenas circunferências ou quando muitas devem ser traçadas com o mesmo diâmetro. Para evitar-se o desgaste das roscas de seu parafuso, a pressão da mola contra a porca deve ser aliviada, na ocasião de modificar a abertura do compasso, segurando as pontas com a mão esquerda e torcendo ou destorcendo a porca com o dedo. As adaptações pequenas são executadas com uma única mão, mantendo a ponta seca fixa ao papel, Fig. 34.

15. Uso da escala. Para representarmos os objetos cujo tamanho não permite que se os desenhe em verdadeira grandeza, precisamos reduzir suas dimensões seguindo uma proporção definida e, para isso, se empregam as escalas.

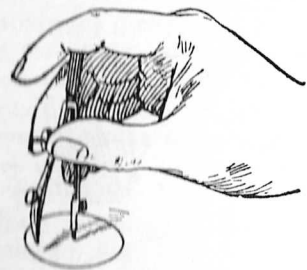



Fig. 34 — Ajustagem do compasso de mola

Na redução à metade ou na escala de um para dois, 6″ são iguais a 1′ (1). Seis polegadas no desenho correspondem a um pé na peça. Usa-se esta escala mesmo quando as dimensões do objeto são ligeiramente maiores que o papel do desenho. Se o desenhista não tem uma régua graduada na escala de 1:2 (ver figura 14), ele usará a escala comum, considerando seis polegadas equivalentes a um pé, e assim as divisões de ½ polegadas representarão uma. Esta por sua vez é dividida em oito partes. (Não use a escala de ½″ = 1′ como se fosse a de 1 : 2.)

Se com esta redução o desenho ainda fica maior que o papel, emprega-se a escala de 1:4, onde três polegadas equivalem a um pé, isto é, três polegadas medidas sobre o desenho correspondem a um pé sobre o objeto.

(1) Nota do tradutor: Um pé equivale a 12 polegadas. Indica-se a unidade de comprimento "pé" por um pequeno traço inclinado, colocado à direita e acima do número. A polegada é representada por dois traços, nas mesmas condições. 6″ = 1, lê-se: seis polegadas correspondem a um pé.

Essa é a 1.ª redução que se encontra na escala triangular comum, onde o comprimento de três polegadas é dividido em doze partes iguais e cada uma dessas é subdividida em oito. Cada uma dessas divisões de três polegadas devem ser consideradas como um pé dividido em polegadas e estas em oitavos. Observe-se que as divisões começam com o zero no interior e que a subdivisão do pé em polegadas é feita a partir do zero para a esquerda. Do zero para a direita da régua as divisões são feitas em pés, de modo que se pode ler diretamente nas escalas as dimensões dadas em pés e polegadas, por ex. 1′ ½″ (1), Fig. 35. Na outra extremidade da régua se encontra a escala de 1:8 ou em que 1 ½″ = 1′. Nesta, a distância de 1 ½″ está dividida, a partir do zero para a direita, em doze partes e cada uma dessas subdividida em quatro (¼ de polegada), estando as divisões, em pés, à esquerda do zero coincidindo com os traços da escala anterior.

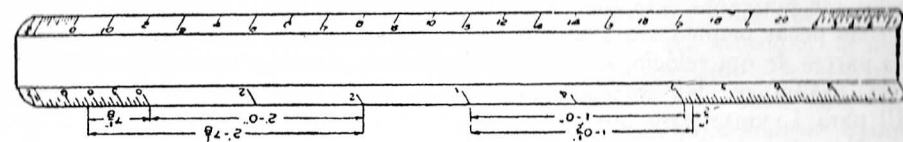



Fig. 35 — Emprego da escala

Se a escala de 1:8 (1 ½″ = 1′) for muito grande para o objeto, emprega-se a escala de 1:12 em que 1 polegada corresponde a um pé, e assim por diante, como mostra a tabela abaixo:

ESCALAS (2)

24″	= 1′ (2:1 — ampliação)	¾″	= 1′ (1:16)
12″	= 1′ (1:1 — escala natural)	½″	= 1′ (1:24)
6″	= 1′ (1:2)	⅜″	= 1′ (1:32)
4″	= 1′ (1:3) raramente usada	¼″	= 1′ (1:48)
3″	= 1′ (1:4)	3/16″	= 1′ (1:64)
2″	= 1′ (1:6) raramente usada	⅛″	= 1′ (1:96)
1½″	= 1′ (1:8)	3/32″	= 1′ (1:128)
1″	= 1′ (1:12)		

(1) Nota do tradutor: A expressão 1′ ½″ lê-se: um pé e meia polegada.

(2) Nota do tradutor: O parágrafo sobre escalas foi traduzido integralmente porque, embora usando o sistema métrico decimal, somos no Brasil constrangidos a empregar as unidades complexas, pé e polegada, uma vez que todas as máquinas e ferramentas que usamos são importadas, ou quando não, fabricadas com máquinas ou instrumentos de proveniência inglesa ou americana. Isto torna obrigatório aos desenhistas brasileiros o conhecimento das escalas nestas unidades. A simplicidade do sistema métrico decimal sobre os demais se reflete ainda no problema de escalas. Com uma simples régua graduada em centímetros e milímetros podemos trabalhar em qualquer escala, e o comprimento da régua dependerá do tamanho do desenho, assim existem os duplo-decímetros, triplo-decímetros e quíntuplo-decímetros.

Se quisermos, por exemplo, desenhar na escala de 1 : 4 (lê-se: um para quatro), uma dimensão qualquer do objeto, basta medi-la no modelo e representá-la no papel, dividida por quatro. De um modo geral para se representar uma dimensão qualquer numa escala qualquer 1 : n, basta dividir a dimensão por n e marcar este quociente com a régua graduada, sobre o papel. A fim de evitar estas operações, fabricam-se duplos e triplos decímetros, em forma triangular ou chata, com diversas graduações, cada qual apropriada a uma escala dada onde se pode ler diretamente a distância a medir no desenho.

16. Ao estabelecer-se uma escala para um desenho o primeiro número sempre se refere à dimensão no desenho e o segundo à correspondente no objeto, assim a escala 3″ = 1′ significa que três polegadas no desenho correspondem a um pé no objeto.

As escalas de 9″ = 1′, 4″ = 1′ etc. são raramente usadas, porque é quase impossível ao desenhista medi-las com uma régua ordinária.

A escala de ¼″ = 1′ é usada na Inglaterra e Estados Unidos na confecção de plantas para edifícios.

A grandeza de um círculo fica determinada pelo seu diâmetro enquanto para traçá-lo se necessite do raio. Desenhando-se na escala de 1:2, é conveniente, algumas vezes, transportar a dimensão do diâmetro na escala de 1:4 para se ter imediatamente os raios.

Tanto quanto possível, todas as distâncias sobre uma mesma linha devem ser marcadas sem mover a régua graduada.

As peças pequenas são desenhadas na escala dupla e as menores, como as partes de um relógio, são representadas em desenhos bastante aumentados, usando escalas especiais, tais como: 10:1; 20:1; 40:1 e 50:1 (lê-se 10 para 1, vinte para um, etc.).

Nos desenhos de diagramas e de mapas, usa-se na América a escala para engenheiros civis, com a polegada subdividida em 10, 20, 30 e até 80 partes. Esta escala é também empregada nos Estados Unidos em certos desenhos de aviões, mas nunca nos de máquinas ou estruturas.

Devemos ter sempre, nos desenhos, em escala, a preocupação de pensar e falar nas dimensões naturais, e não naquelas reduzidas, ou ampliadas que estão no desenho.

17. **Tira-linhas.** O tira-linhas emprega-se para traçar linhas retas e curvas não circulares. A Fig. 5 ilustra diversos tipos. A sua particularidade mais importante é a forma das lâminas. Entre suas pontas elípticas, Fig. 36, deve haver um espaço adequado para a tinta. Se as lâminas fossem

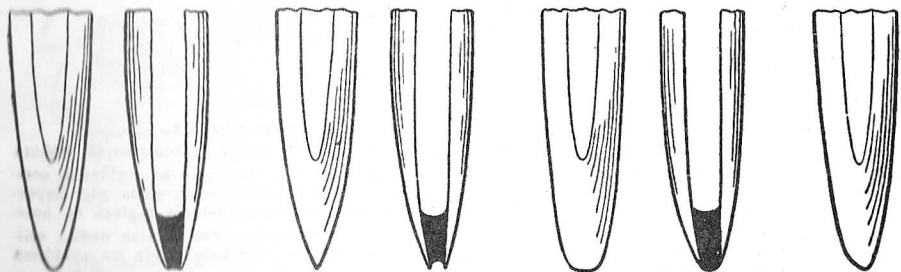



Fig. 36 Ponta correta — Fig. 37 — Fig. 38 — Fig. 39
Tira-linhas com pontas defeituosas

A solução do problema inverso, isto é — dada uma dimensão no desenho determiná-la no objeto — consiste em multiplicar a medida tomada no desenho com o duplo-decímetro comum pelo número *n* da escala. Se a régua estiver numerada para a escala em questão, a leitura se fará diretamente.

As normas alemãs estabelecem, para o caso de reduções as seguintes escalas: 1 : 2,5 — 1 : 5 — 1 : 10 — 1 : 20 — 1 : 50 — 1 : 100 — 1 : 200 — 1 : 500 — 1: 1000. No caso de ampliações, as escalas: 2 : 1 — 5 : 1 — 10 : 1.

Sendo possível, dever-se-á empregar a escala natural 1 : 1.

pontiagudas, como na Fig. 37, a tinta ficaria arqueada para cima e seria difícil começar uma linha. Caso elas fossem de ponta cega arredondada, como na Fig. 38, a tinta fluiria exageradamente, dando como resultado a formação de borrões e escorrimento de tinta, na extremidade das linhas. Os tira-linhas em uso permanente gastam-se e ficam cegos, Fig. 39. É fácil reconhecer quando ele está cego olhando para o reflexo da luz que se desloca do lado para a ponta, girando-o na mão. Se o reflexo pode ser visto em todo o trajeto é porque a ponta está rombuda. É tão intolerável trabalhar com um tira-linhas em más condições, quanto é agradável usá-lo bem apontado.

Todo desenhista tem o dever de conservar seus tira-linhas nas melhores condições.

18. **Afiar o tira-linhas.** As pedras de afiar, de grão fino, são as que se empregam para esse fim. Para melhores resultados, toda pedra nova deve ser mergulhada em óleo diversos dias antes de ser utilizada. O óleo empregado pelos carpinteiros é muito grosso para esse fim. Deve-se dar à ponta da lâmina sua forma correta, como na Fig. 36. Para isso, elas serão parafusadas até ficarem em contacto e depois, segurando-se o instrumento como para traçar uma linha, esfrega-se-o sobre a pedra num movimento de vaivém, começando-se com o cabo inclinado de menos de 30° sobre a pedra, e levantando-se progressivamente à medida que se o desloca sobre a mesma. Isto conformará corretamente os bicos, mas os deixará sem fio. Abrem-se, então, levemente as lâminas, e afia-se uma de cada vez, *somente do lado de fora,* até desaparecer o reflexo brilhante sobre a ponta. Segura-se agora o tira-linhas, como na Fig. 40, fazendo um pequeno ângulo com a pedra e esfrega-se para trás e para a frente com

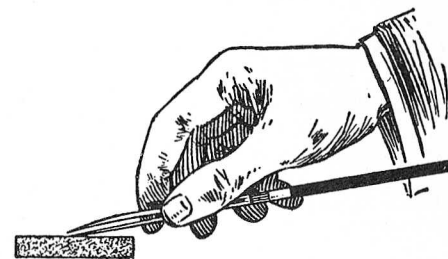



Fig. 40 — Modo de afiar o tira-linhas

uma leve oscilação, a fim de conformar a lâmina. Tomando-se entre o polegar e os dedos da mão esquerda uma pedra de sete a dez centímetros de comprimento, afia-se melhor que com ela posta sobre a mesa. Alguns preferem segurar a pedra com a mão direita mantendo sua face perpendicular ao antebraço, movendo-a para diante e para trás, com pequenos movimentos do pulso e calcando o tira-linhas contra ela com a outra mão. Ele será examinado freqüentemente e a operação cessará quando o reflexo luminoso da ponta desaparecer. Uma lente de bolso facilitará a observação da ponta. As lâminas não devem ser afiadas a ponto de cortarem o papel quando, ao verificá-las, traçarmos nele uma linha seca. Se esti-

verem muito afiadas elas serão novamente fechadas até ficarem em contacto e em seguida passadas na pedra como na primeira operação. Experimentado com tinta, ele deve ser capaz de traçar linhas firmes até a grossura de um cabelo.

Se estas linhas mais finas forem interrompidas ou desiguais é porque não está perfeitamente apontado. Não será preciso tocar na face interna da lâmina, a menos que se forme uma rebarba, o que pode ocorrer: quando o metal é muito macio, a pedra muito grossa ou a pressão muito grande. Para remover esta rebarba introduz-se um pedaço de papel de desenho entre as pontas ou separam-se bem as lâminas e apoia-se toda a superfície interna de uma delas sobre a pedra, movendo-a com uma leve pressão.

O principiante exercitar-se-á apontando vários tira-linhas velhos antes de fazê-lo num de qualidade. A pedra depois de usada deve ser bem limpa e nela espalhada uma gota de óleo.

19. Uso do tira-linhas. O tira-linhas é sempre usado em contacto com a face do esquadro, da régua T ou da curva. A régua T e o esquadro serão segurados na mesma posição do desenho a lápis. Ao usar tinta, é uma falta empregar somente esquadro com o tira-linhas. Para enchê-lo de tinta, retira-se do tinteiro o enchedor de pena e toca-se-o entre as suas pontas, tendo o cuidado de não sujar a parte externa das lâminas. A quantidade de tinta colocada não deve exceder a uma altura de 5 a 6 milímetros, para evitar que o peso da tinta faça-o pingar. Agarra-se o tira-linhas, tomando-o pelas extremidades dos dedos, como ilustra a Fig. 41, com o

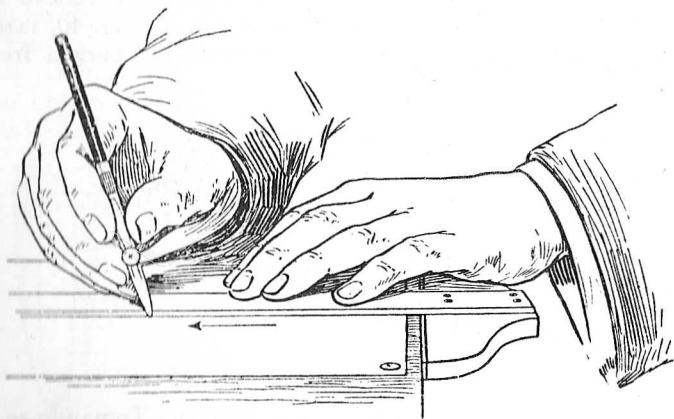



Fig. 41 — Posição correta do tira-linhas

polegar e o médio numa posição que permita torcer o parafuso de regulação e com o cabo apoiado sobre o indicador. Esta posição deve ser seguida cuidadosamente em virtude da tendência de curvar o dedo médio, tomando este a posição de segurar o lápis ou a caneta que, sendo conveniente na escrita manual para facilitar o movimento de baixo para cima, não o é no traçado a tira-linhas, onde não existe tal movimento, sendo, por isso, preferível a posição da Fig. 41.

Nas linhas cheias ajusta-se o parafuso, de forma a obter-se um traço igual ao padrão da 1.ª linha da Fig. 46. A qualidade de um desenho se avalia, não pela espessura das linhas, mas por sua uniformidade e pela precisão de seus pontos de encontro.

20. O tira-linhas deve ser mantido de modo que suas lâminas se conservem paralelas à face guia da régua, contra a qual apoiar-se-á, tendo o parafuso para o lado de fora e o cabo ligeiramente inclinado para a direita, conservando-o sempre no plano, determinado pela linha a traçar e pela perpendicular ao papel. Desta forma ele é guiado pela aresta superior da régua, cuja distância ao traço do lápis variará de acordo com a espessura da régua e com a forma inferior de sua lâmina, como ilustra, em verdadeira grandeza, a Fig. 42.

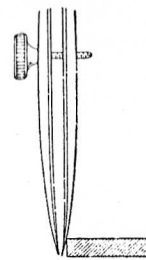



Fig. 42

Se a ponta do tira-linhas foi afastada para o lado de fora da perpendicular, ele deslizará sobre uma lâmina e resultará um traço desparelho em um dos lados. Se a inclinação for para o interior, a tinta provavelmente escorrerá pela borda inferior da régua, causando um borrão.

Traça-se uma linha com o movimento de todo o braço, tendo as extremidades do dedo anular e mínimo apoiadas e deslizando sobre a régua, a fim de manter uma inclinação constante. Pouco antes de chegar ao fim da linha estes dedos guias pararão, e o movimento do tira-linhas continuará com um movimento de dedos até a terminação da linha. As linhas curtas são traçadas, movendo-se simplesmente com os dedos. Ao chegar ao fim, levanta-se rapidamente o aparelho, e afasta-se a régua da linha. A pressão sobre o papel deve ser leve, mas suficiente para dar um traço bem nítido e definido, e variará com a espécie do papel e com o estado da ponta do tira-linhas, mas o contacto contra a régua T será unicamente o necessário para guiá-lo em direção.

Quando a tinta não flui é porque secou ou está pegada na extremidade do bico. Se, apertando e afastando ligeiramente as lâminas com os dedos, o instrumento não voltar a traçar, é preciso, então, imediatamente limpá-lo e carregá-lo com tinta nova. O tira-linhas, todas as vezes que é usado, precisa ser completamente limpo e seco, pois a tinta corrói o aço e acabará por destruí-lo.

No desenho a nanquim, seja sobre papel ou papel-tela, as linhas serão muito mais largas que a do lápis, e, por isso, o aluno deve ter todo o cuidado para que o traço do lápis coincida exatamente com o eixo da linha a nanquim, como mostra a figura 43. Quando se empregar o tira-linhas em um compasso, este deve ser ligeiramente inclinado na direção em que se traça e ambas as pontas do tira-linhas devem manter-se sobre o papel, dobrando-se, se necessário, as articulações das hastes.

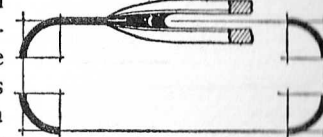



Fig. 43 — Traçado a tinta

É imperioso que no desenho a tinta as circunferências e seus arcos sejam traçados em primeiro lugar, porque é muito mais fácil ligar uma linha reta a uma curva do que vice-versa.

21. Tangentes. Duas linhas são tangentes entre si, quando os seus eixos são tangentes e não quando as linhas simplesmente se tocam, assim,

a grossura do traço, no ponto da tangência, será a mesma do restante da linha, Fig. 44. Antes de traçar a nanquim as linhas tangentes, os pontos de tangência devem ser marcados a lápis. Num arco tangente a uma linha reta, o ponto de tangência estará sobre o raio do arco perpendi-

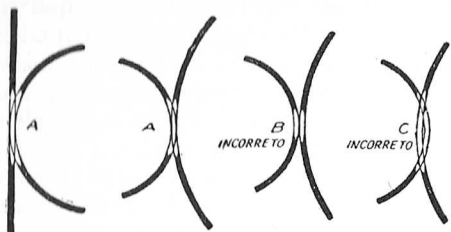



Fig. 44 — Tangentes correta e incorretamente traçadas

cular à linha dada e, no caso de duas circunferências tangentes, estará sobre a linha que une os seus centros. A este respeito o aluno consultará os parágrafos de 62 a 69.

Lidos estes parágrafos, o estudante tomará uma folha de papel e nela executará linhas de vários comprimentos e espessuras, praticando a maneira de iniciá-las e terminá-las, dentro dos limites marcados a lápis, até familiarizar-se com o tira-linhas. Se em seu estojo houver dois tira-linhas de tamanhos diferentes, deve principiar com o maior, porque este se adapta

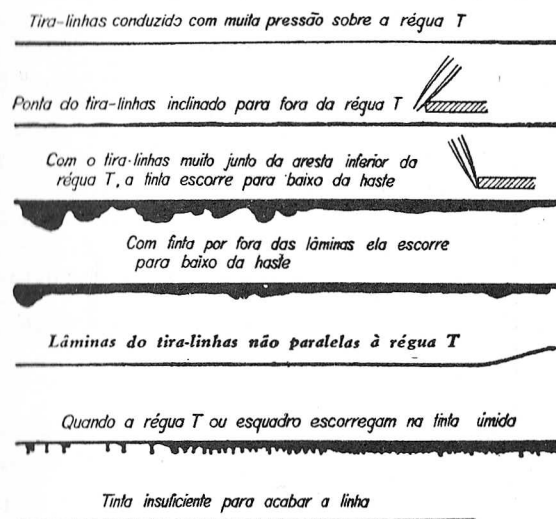



Fig. 45 — Linhas defeituosas

melhor à mão do homem médio do que o pequeno, além disso carrega mais tinta e se presta melhor aos trabalhos de qualidade. Os tira-linhas de marcas de renome, já vêm bem afiados dos seus fabricantes, mas os mais baratos precisam muitas vezes ser apontados antes de usá-los.

22. Linhas defeituosas. As imperfeições de qualquer natureza das linhas a nanquim são imediatamente notadas e podem provir de defeitos do tira-linhas, da tinta, do papel ou do desenhista, mas as maiores probabilidades estão a favor do último.

A figura 45 ilustra a aparência característica de diversas linhas defeituosas, sendo a correção em cada caso evidente por si mesma.

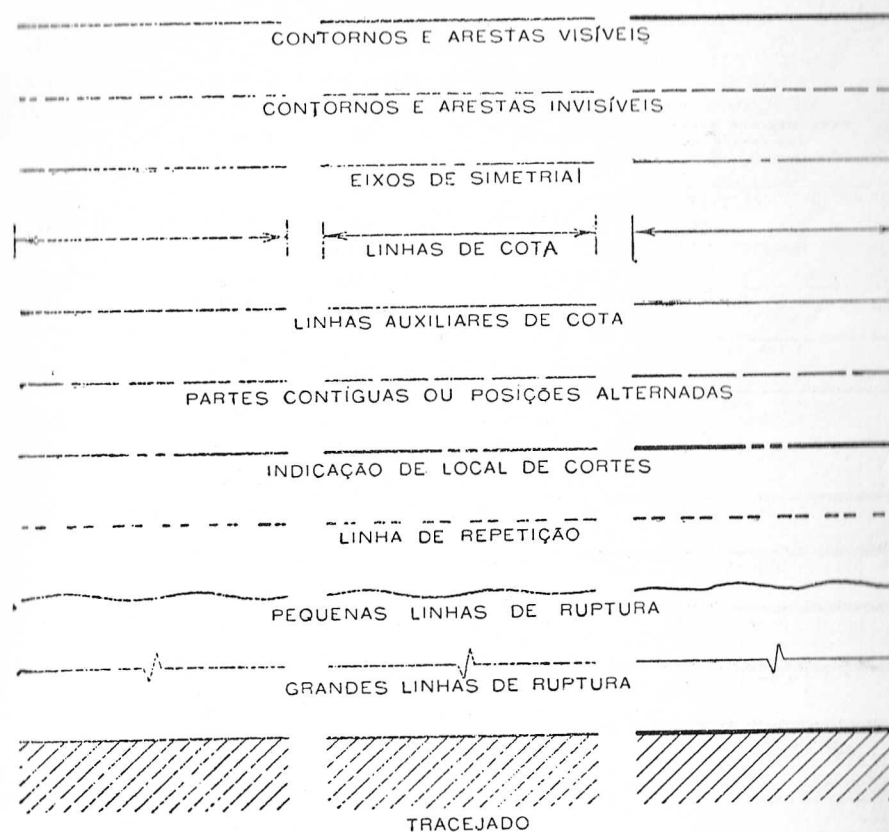



Fig. 46 — O alfabeto das linhas

23. O alfabeto das linhas. Sendo a linha o elemento básico do desenho, poderíamos dar o nome de "alfabeto das linhas" ao conjunto de linhas convencionais necessárias às diversas aplicações.

A Fig. 46. apresenta-nos o alfabeto das linhas adotado pela "American Standards Association" (ASA), que será empregado nos seguintes casos:

1. No traçado de desenhos a lápis sobre papel opaco, para serem copiados em papel transparente ou papel tela.
2. Nos desenhos a lápis executados em papel transparente, seja diretamente ou por decalque, e que podem ser reproduzidos diversas vezes.
3. Nos decalques a nanquim em papel ou tela transparente, ou no traçado, também, a nanquim, de desenhos feitos a lápis em papel branco, para fins de exibição ou de reprodução fotográfica.

A *A. S. A.* recomenda linhas com três espessuras para desenhos definitivos: o grosso, o médio e o fino, a fim de tornar os desenhos mais "legíveis e de melhor aparência", mas acrescenta que para "aumentar o rendimento prático, pode reduzir-se o seu emprego aos dois últimos: o *médio* e o *fino*, sendo o primeiro empregado nos contornos e arestas visíveis, contornos e arestas invisíveis, na indicação de local de corte, para pequenas linhas de ruptura para partes contíguas e em posições alternadas; o traço *fino* emprega-se para tracejados, eixos de simetria, linhas auxiliares de cota, linhas de cota, grandes linhas de ruptura e linhas de repetição. Nos desenhos ordinários as espessuras das linhas serão aproximadamente as da Fig. 46. A Fig. 47 ilustra uma tabela conveniente de padrões para linhas, organizada pelo Dr. D. C. Mann. Se comparássemos estes padrões com as linhas da Fig. 46, verificaríamos que as linhas grossas têm uma espessura compreendida entre $^1/_{40}$" (0,635 mm) e $^1/_{50}$" (0,508 mm), as linhas médias a espessura de $^1/_{80}$" (0,317 mm) e as finas $^1/_{200}$" (0,127 mm). A Fig. 48 mostra a aplicação do "alfabeto das linhas".

LINHAS PADRÕES DOS DESENHISTAS
PARA MEDIR A ESPESSURA DAS LINHAS NOS DESENHOS TÉCNICOS

1/250 OU 0,004 — DE POLEGADA
1/200 OU 0,005
1/150 OU 0,0067
1/100 OU 0,010
1/80 OU 0,0125
1/60 OU 0,0167
1/50 OU 0,020
1/40 OU 0,025
1/30 OU 0,033
1/20 OU 0,050
1/16 OU 0,0625

Fig. 47 — Tabela de Mann para linhas

24. Uso da curva francesa. A curva francesa, como já vimos na Fig. 16, destina-se ao traçado de curvas quaisquer. Quando já se determinou um número suficiente de pontos, é mais conveniente esboçar a mão livre um traço leve de lápis, sem perder os pontos, até torná-lo nítido, uniforme, contínuo e de aspecto agradável. Só então a curva poderá ser aplicada, escolhendo-se a parte que melhor se adapte à porção da linha considerada, de tal modo que a direção do crescimento de sua curvatura seja a mesma em que cresce a curvatura da linha, Fig. 49. Ao traçar o segmento ajustado à curva *sempre* se o interrompe um pouco antes do lugar em que a curva e a linha deixam de coincidir. Feito este trecho, a curva é deslocada até se encontrar outro lugar em que coincida com a continuação da linha. Ao mudar de posição, toma-se a precaução de manter a continuidade e evitar desencontros e saliências, o que se consegue se a curva, em suas posições sucessivas, for sempre colocada de modo que coincida, numa

Fig. 48 — Ilustração do alfabeto das linhas

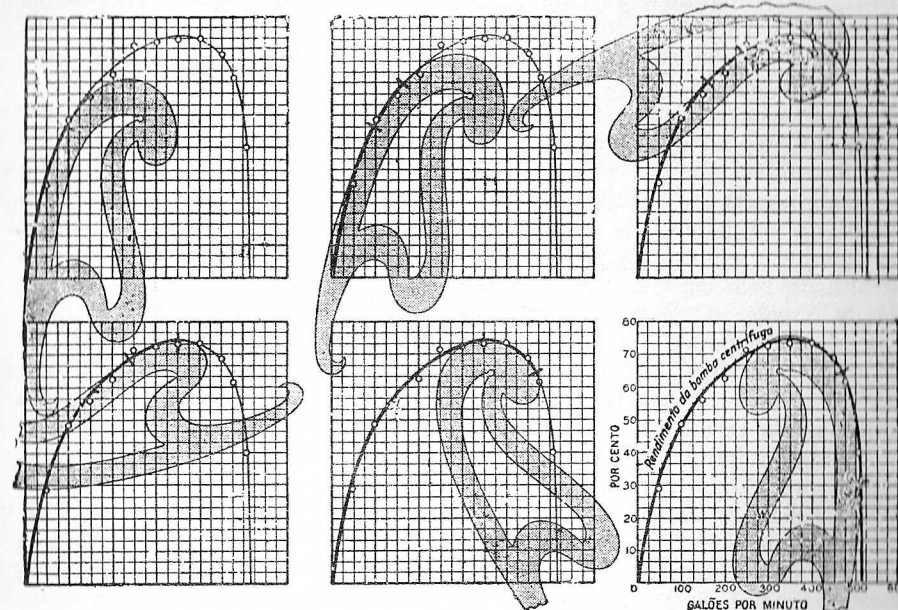



Fig. 49 — Uso da curva francesa

curta distância com a parte já traçada da linha, assim em cada junção as tangentes coincidirão.

Se a linha for simétrica em relação a um eixo, este será marcado sobre a curva depois desta ter sido ajustada precisamente em um dos lados, após o que a curva é invertida.

Neste caso excepcional ter-se-á o cuidado de evitar um "calombo" no ponto de junção. Muitas vezes é preferível interromper a linha perto do eixo, de ambos os lados, e fechar em seguida esta abertura com um outro trecho da curva francesa.

Quando ela é empregada no desenho a nanquim, o tira-linhas deve ser mantido perpendicular, e as suas lâminas paralelas à borda. Desenhando-se curvas quaisquer a nanquim, compreender-se-á a importância do exercício.

Algumas vezes, especialmente nas curvas agudas, pode-se usar uma combinação de arcos de circunferência com os da curva francesa; para se construir, por ex., uma elipse alongada, a nanquim, as curvas fechadas serão feitas por meio de um centro escolhido por tentativa sobre o eixo maior, descrevendo-se tantos arcos de circunferências, quantos sejam necessários para coincidirem com a extremidade da elipse que será então terminada com a curva francesa. Um desenhista hábil poderá traçar a nanquim uma linha que não se ajuste precisamente, variando a distância da ponta do tira-linhas à aresta da curva, à medida que a linha progride, isto, porém, não deve ser experimentado pelo principiante.

Lâmina curvilínea universal. Estas lâminas são comumente empregadas nos desenhos de aviões e automóveis e necessita-se de alguma experiência para manuseá-las com facilidade. Escolhe-se uma lâmina longa capaz de cobrir todo o comprimento da linha e acerta-se sua posição com um número suficiente de pesos de chumbo ("patos"), colocando-os normalmente à curva. Ver a figura 17.

25. Modo de empregar a borracha. A técnica de apagar com a borracha linhas a nanquim ou a lápis é um detalhe que precisa ser aprendido. Um desenhista que trabalhe com leveza e desembaraço usa uma borracha de lápis macia ao mudar algum detalhe, sem, entretanto, danificar a superfície do papel. As linhas mais carregadas são melhor removidas, utilizando-se a borracha para lápis marca "Ruby". Se o papel tiver sido arranhado pelo lápis, esfrega-se-o com um polidor ou mesmo com a unha do dedo polegar. Para se apagar uma linha leve, a nanquim, segura-se firmemente o papel e atrita-se-o leve e pacientemente com uma borracha "Ruby" para lápis, primeiro na direção da linha e depois perpendicular a ela até que a tinta seja removida. Pondo-se o esquadro por baixo do papel ou da tela, obtém-se uma superfície favorável. Quando a borracha é empregada junto a outras linhas, escolhe-se uma abertura da grelha protetora que melhor se adapte e trabalha-se através dela, segurando-a firmemente depois de ter verificado se ambos os seus lados estavam limpos. Varrem-se do papel os fragmentos da borracha, com um pano ou escova. Nunca se raspa uma linha ou um borrão com faca ou canivete, usa-se, antes, a borracha para tinta com muita parcimônia e, quando é absolutamente indispensável, os desenhistas hábeis empregam às vezes uma lâmina afiada para raspar um borrão grande ou uma extremidade escorrida de linha.

Usando extensivamente a borracha é vantajoso o emprego do apagador elétrico. Há no mercado americano vários tipos aprovados pela experiência.

26. Instrumentos especiais. Varios aparelhos, tais como: tecnígrafos, réguas paralelas, pantógrafos, normógrafos, compassos de redução, etc., que não se encontram no equipamento usual do desenhista técnico, são empregados nos trabalhos de desenho comercial. A descrição de um certo número desses instrumentos especiais encontra-se no capítulo XXX.

27. Exercícios para manejo dos instrumentos. A seguir daremos uma série de exercícios progressivos, tendo em vista o emprego dos instrumentos, e que devem ser feitos, ora em desenhos exclusivamente a lápis, ora em desenhos a lápis para serem recobertos a nanquim. Na execução das linhas, observar o que foi dito no parágrafo 23, Fig. 46. Há, no apêndice deste livro, uma tabela das dimensões do papel de desenho da "American Standard"(1). Os problemas do capítulo V constituem boa oportunidade para se adquirir maior prática no traçado exato dos desenhos feitos a lápis.

(1) **Exercício de aplicação da régua T, do esquadro e da escala.** — Fig. 50. Por um ponto central do papel, traçar uma reta horizontal e outra vertical, tomando sobre as mesmas, a partir do ponto de encontro, para todos os lados, um comprimento de 5 cm e traçar um quadrado. Sobre o seu lado inferior e na metade superior do lado esquerdo, marcar com a escala distâncias de 1 cm. Traçar todas as horizontais com a régua T e as verticais com o esquadro.

(2) **Entrelaçado.** — Fig. 51. Emprego da régua T, esquadro e compasso de pontas secas. Traçar um quadrado de 10 cm de lado. Dividir a compasso seus lados esquerdo e inferior, em sete partes iguais. Pelas divisões, traçar retas horizontais e verticais. Apagar, com a borracha, as partes desnecessárias.

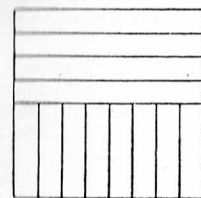
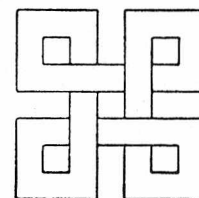
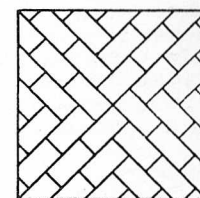
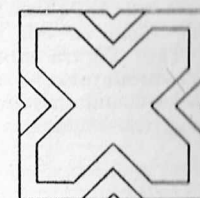



Fig. 50 Fig. 51 Fig. 52 Fig. 53

(3) **Mosaico.** — Fig. 52. Para esquadro de 45° e escala. Exercício para o traçado de linhas curtas. Feito um quadrado de 10 cm de lado, traçar suas diagonais com um esquadro de 45° e marcar sobre estas, com a escala, sucessivamente, a partir de sua interseção, a distância de 1 cm. Complete-se o desenho com um esquadro de 45°, fazendo de cada vez um quadrante.

(4) **Ornato.** — Fig. 53. Para esquadro de 45°, compasso de pontas secas e escala. Traçar um quadro de 10 cm de lado e dividir seus lados, a compasso, em três partes iguais. Com o esquadro de 45°, traçar retas inclinadas que unam estes pontos. Medir 1,2 cm sobre cada uma destas linhas e completar o ornato tal como é visto na figura.

---

(1) N. do T.: A Associação Brasileira de Normas Técnicas (A. B. N. T.), além dos formatos: AO, AI, A2, A3, A4, A5 e A6, prescreve mais dois tipos: 4 AO de 1682 x 2378 mm e 2 AO de 1189 x 1682 mm, que são recomendados para trabalhos especiais.

(5) **Cinco cartões.** — Fig. 54. Emprego das linhas visíveis e ocultas. Sejam cinco cartões de 4,5 cm × 7,5 cm dispostos de modo que o de baixo fique no centro e os outros quatro sobrepostos cobrindo-se parcial e mutuamente e formando com seus lados externos um quadrado de 10 cm. Os lados não visíveis serão indicados por linhas pontilhadas.

(6) **Circunferências concêntricas.** — Fig. 55. Para compasso de traçado e escala. Traçar uma linha horizontal no centro do espaço destinado ao desenho, e marcar sobre ela oito raios para oito circunferências concêntricas, afastadas de 0,6 cm. Ao descrevê-las, as menores serão traçadas em primeiro lugar.

(7) **Cruz-de-Malta.** — Fig. 56. Para régua T, compasso de mola e dois esquadros. Traçar dois quadrados, um de 10 cm e o outro de 3,5 cm de lados. Pelos vértices do quadrado interno traçar, empregando os esquadros, linhas que formem ângulos de 15 e 75°. Prolongá-las até o quadrado exterior. Em seguida marcar o compasso, pontos interiores, distando de 0,6 cm de cada linha da cruz externa, completando-se a figura com o emprego dos esquadros combinados.

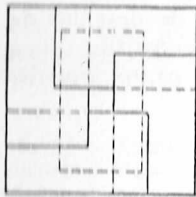
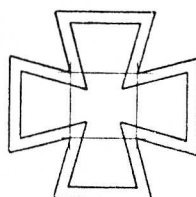
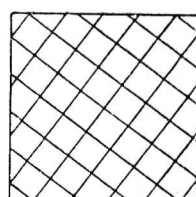



Fig. 54 Fig. 55 Fig. 56 Fig. 57

(8) **Rede.** — Fig. 57. Dois grupos de linhas paralelas, perpendiculares entre si. Traçar um quadrado de 10 cm e assinalar um ponto situado a 1,2 cm à direita do vértice inferior esquerdo e outro a igual distância à esquerda do vértice superior direito. Ligar os dois pontos e determinar, a compasso, o meio da linha, fazendo passar por aí uma perpendicular, pelo método da Fig. 24. Sobre estas linhas, marcar pontos, afastados de 1,5 cm e por eles, sem mover o T, traçar os dois sistemas de paralelas usando o esquadro.

(9) **Figura estrelada.** — Fig. 58. Para compasso e esquadro de 60°. Traçar uma circunferência de 10 cm de diâmetro e nela inscrever uma estrela de seis pontas usando a régua T e o esquadro de 60°. Completar o desenho com quatro sucessivas mudanças de posição do esquadro.

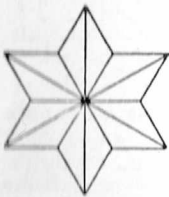
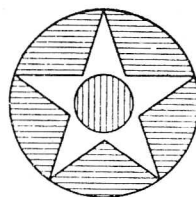
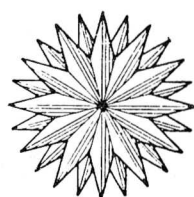



Fig. 58 Fig. 59 Fig. 60 Fig. 61

(10) **Trifólio.** — Fig. 59. Para compasso, esquadro de 60° e escala. Descrever uma circunferência de 10 cm de diâmetro e, com o esquadro de 60°, traçar três raios, formando ângulos centrais de 120°. Tomando como centro o meio destes raios, traçar três circunferências de 5 cm de diâmetro tangentes pela à exterior. Com os mesmos centros traçar três circunferências menores, tangentes, cada uma, a duas das três últimas de 5 cm. Ligar estes centros para cortar a metade do trifólio e completar o desenho fazendo todas as faixas da mesma largura.

(11) **Polígono regular estrelado** (insígnia dos aviões americanos). — Fig. 60. Esta estampa representa uma estrela branca com um círculo vermelho ao centro, tudo sobre fundo azul. Descrever duas circunferências concêntricas com 10 e 3 cm de diâmetro, respectivamente. Dividir a maior, a compasso, em cinco partes iguais. Ligar os pontos de divisão 2 a 2, conforme figura. A cor encarnada é indicada por linhas verticais e a azul por horizontais, todas elas espaçadas de 2 mm, estimados à vista. (A fig. 1059 dá-nos a lista dos símbolos representativos das cores.)

(12) **Figura estrelada.** — Fig. 61. Para emprego combinado da régua T com os esquadros. Numa circunferência de 10 cm de diâmetro, traçar 12 diâmetros formando ângulos centrais, de 15°, usando apenas o T e os esquadros combinadamente. Terminar o desenho com estes instrumentos.

(13) **Entrelaçado.** — Fig. 62. Para ser executado, a compasso, com toda precisão. Sobre dois eixos perpendiculares, traçar um quadrado de 5 cm de lado. Feito isto, fazendo centro na metade de cada lado, descrever duas semicircunferências, uma de 5 cm e outra de 3,5 cm de diâmetro. Com centro nos vértices do quadrado, completar a figura descrevendo arcos de circunferência.

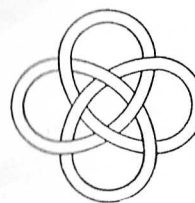
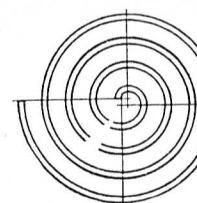
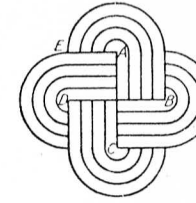
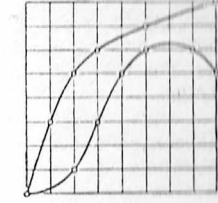



Fig. 62 Fig. 63 Fig. 64 Fig. 65

(14) **Falsa espiral de quatro centros.** — Fig. 63. Exercício sobre tangentes de precisão. Traçar um quadrado de 3 mm de lado, prolongando-os como na Fig. 63. Com centro no vértice superior direito, traçar dois arcos de 3 e 6 mm de raio e, mudando sucessivamente o centro para os vértices seguintes, descrever arcos de raios crescentes até completar as quatro voltas da espiral.

(15) **Ornato.** — Fig. 64. Para compasso de mola. Traçar, no centro do espaço destinado a este desenho, um quadrado de 56 mm de lado e dividir *A E*, com a escala, em quatro comprimentos de 7 mm. Tomando para centros, *A*, *B*, *C* e *D* descrever, com o compasso de mola, quatro semicircunferências de 7 mm de raio, e assim por diante. Completar o desenho traçando as tangentes verticais e horizontais.

(16) **Diagrama.** — Fig. 65. Para curva francesa. Traçar um quadrado de 10 cm de lado e dividi-lo em quadrículas de 1,25 cm, marcando os pontos de interseção, como na figura e unindo-se por um traço a lápis muito leve e uniforme. Para terminar, marca-se cada ponto com uma pequena circunferência de 1,5 mm de diâmetro e desenha-se, com a curva francesa, uma linha nítida e uniforme.

(17) **Prática de escalas.** (1) — Fig. 66 *a*. Medir as linhas de *A* a *G*, nas seguintes escalas: *A*, na escala natural; *B*, redução de 1/2; *C*, na escala de 3″ = 1′ — 0″, ou de 1/4; *D*, na escala de 1″ =1′ — 0″ ou de 1/12; *E*, na escala de 3/4″ = 1′ — 0″ ou 1/16 e *G*, na de 3/16″ = 1′ — 0″ ou 1/64.

b. Transportar sobre as linhas de *H* a *N* as seguintes distâncias: sobre *H*, a distâncias de 33/16″ na escala natural, sobre *I*, 7″ na escala de 1/2; sobre *J*, 2′ — 6″ (dois pés e seis polegadas), na escala de 1 1/2″ = 1′ — 0″ ou 1/8;

(1) Nota do tradutor: O uso freqüente entre nós do pé e da polegada no dimensionamento de furos e peças de máquinas, torna necessário, aos nossos desenhistas técnicos, o conhecimento das escalas nestas unidades. Eis por que as conservamos na tradução.

sobre *K*, 7′ — 5 1/2″, na escala de 1/2″ = 1′ — 0″ ou 1/24; sobre *L*, 10′ — 11″, na escala de 3/8″ = 1′ — 0″ ou 1/32; sobre *M*, 28′ — 4″, na escala de 1/8″ = 1′ — 0″ ou 1/96; sobre *N*, 40′ — 10″, na escala de 3/32″ = 1′ — 0″ ou 1/128.

c. Empregando a escala do engenheiro, transportar para as linhas de *H* a *N*, as seguintes dimensões; para *H*, 3′ — 2″, na escala natural; para *I*, 27′ — 0″, na escala de 1″ = 10′ — 0″ ou 1/120; para *J*, 66′ — 0″, na escala de 1″ = 20′ — 0″

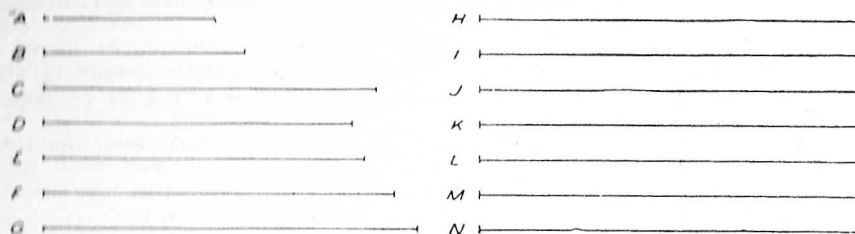



Fig. 66

ou 1/240; para *K*, 105′ — 0″, na escala de 1″ = 30′ — 0″ ou 1/360; para *L*, 156′ — 0″, na escala de 1″ = 40′ — 0″ ou 1/480; para *M*, 183′ — 0″, na escala de 1″ = 50′ — 0″ ou 1/600 e para *N*, 214′ — 0″, na escala de 1″ = 60′ — 0″ ou 1/720.

(18) **Disco estampado.** — Fig. 67. Diâmetro exterior, 127 mm; distância de centro a centro dos dois furos de 1/4″, 100 mm; diâmetro interior, 63 mm; distância de centro a centro dos rasgos 80 mm; largura dos rasgos, 14 mm. Assinalar os pontos da tangência.

(19) **Disco de embreagem.** — Fig. 68. Diâmetro exterior: 273 mm; diâmetro do furo central: 45 mm; comprimento das ranhuras: 53 mm. Os prolongamentos das linhas dos orifícios triangulares serão tangentes a uma circunferência central de 50 mm de diâmetro. Estes orifícios têm uma largura, na intersecção com o diâmetro interior das ranhuras, de 33 mm. Raio dos arcos de concordância dos orifícios triangulares: 6 mm; largura das ranhuras: 3 mm; diâmetro da circunferência exterior de rebites: 247 mm; diâmetro da circunferência interior dos mesmos: 197 mm, tendo cada uma delas nove furos de 1/8″ igualmente espaçados. Sobre circunferências de 111 e de 70 mm de diâmetro acham-se regularmente distribuídos seis furos de 3/8″. Todos os pontos de tangência devem ser marcados a lápis.

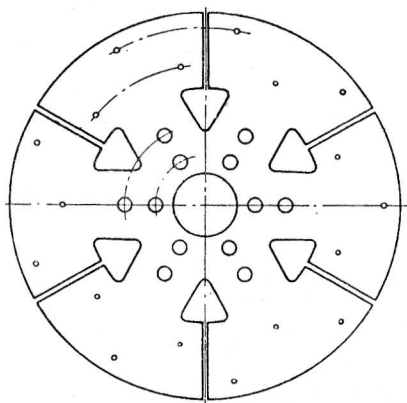



Fig. 67 — Disco estampado

Fig. 68 — Disco de embreagem

(20) **Disco de telefone.** — Fig. 69. Desenhá-lo na escala de 2:1; conforme medidas indicadas.

(21) **Rosácea.** — Fig. 70. Desenhá-la em tamanho natural.

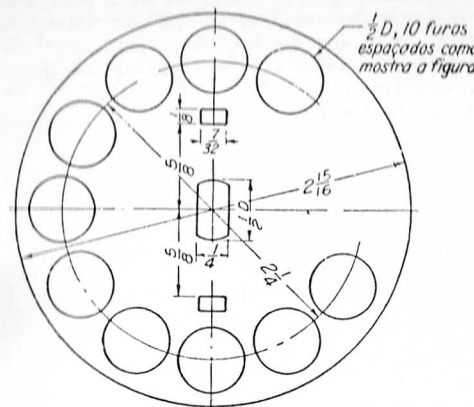



Fig. 69 — Disco de telefone

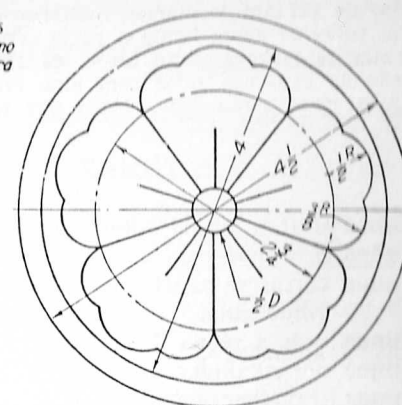



Fig. 70 — Rosácea

(22) **Carretel de filme estampado.** — Fig. 71. Desenhá-lo em tamanho natural.

(23) **Carretel de filme estampado.** — Fig. 72. Desenhá-lo na escala de 1:2,5.

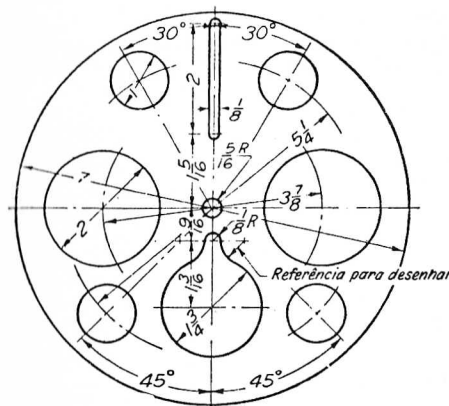



Fig. 71 — Carretel de filme estampado

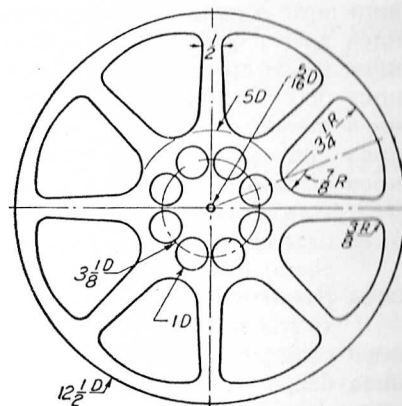



Fig. 72 — Carretel de filme estampado

(24) **Tampa de caixa.** — Desenhar uma vista da tampa de 110 × 76 mm, com cantos arredondados de 13 mm de raio, tendo em cada um dos quatro cantos um furo de fixação de 3/16″ de diâmetro, distando 76 e 51 mm de centro a centro. Uma abertura retangular ao centro, de 9 × 25 mm, tem seu lado maior paralelo ao lado externo de 110 mm. Dois rasgos de 6 mm de largura por 51 mm de comprimento com extremidades semicirculares são situados a meia distância entre o centro e o lado externo maior, sendo ambos paralelos a este, em sua maior direção e centrados em relação aos lados de 76 mm.

(25) **Espaçador.** — Executar o desenho a uma vista, para uma peça circular estampada, de 100 mm de diâmetro externo e 50 mm de diâmetro interno, com seis furos de 1/4″ de diâmetro, igualmente espaçados sobre uma circunfe-

rência de 75 mm de diâmetro, ficando dois deles sobre o eixo vertical da figura. Dois entalhes semicirculares, afastados de 180° e com um raio de 9 mm, estão situados na interseção do eixo horizontal com a circunferência externa de 100 mm.

(26) **Roda estampada.** — Fazer o desenho a uma vista, de uma peça circular de 127 mm de diâmetro externo com um furo central de 1/2" de diâmetro. Oito raios de 9 mm ligam a parte central de 38 mm de diâmetro com o anel de 12 mm de largura. Oito furos, de 1/4" de diâmetro têm os centros na interseção do eixo dos raios com uma circunferência de 114 mm de diâmetro. Os cantos vivos serão concordados por raios de 3 mm.

TOMAR A PRECAUÇÃO DE:

Nunca usar a escala como régua.
Nunca desenhar com a aresta inferior da régua T.
Nunca cortar o papel com canivete ou lâmina, empregando a régua T como guia.
Nunca usar a régua T como martelo.
Nunca pôr qualquer das extremidades do lápis na boca.
Nunca trabalhar com lápis de ponta gasta.
Nunca aparar o lápis sobre a prancheta.
Nunca espetar o compasso na prancheta.
Nunca azeitar as articulações do compasso.
Nunca usar o compasso de ponta seca como martelo ou pinça.
Nunca colocar pesos sobre o T, para conservá-lo em posição.
Nunca usar o mata-borrão para as linhas a tinta.
Nunca apertar o parafuso do tira-linhas depois que suas pontas se tocam.
Nunca traçar uma linha a lápis ou a tinta, voltando para trás.
Nunca deixar o tinteiro desarrolhado.
Nunca manter o tira-linhas sobre o desenho, quando estiver com tinta.
Nunca diluir o nanquim na água. Se estiver espesso é preferível jogá-lo fora.
Nunca introduzir no tinteiro de nanquim uma pena que tenha sido usada com tinta comum de escrever.
Nunca usar os mesmos orifícios dos percevejos sobre o papel ou a prancheta, quando colocar o papel pela segunda vez.
Nunca passar a borracha por todo o desenho depois de terminado. Isso tiraria o brilho das linhas a nanquim.
Nunca começar o trabalho antes de limpar a mesa e os instrumentos.
Nunca deixar os instrumentos sem os limpar, principalmente tratando-se do tira-linhas.
Nunca guardar os compassos de mola, sem os distender, para descanso das molas.
Nunca dobrar o papel de um original ou de uma cópia.

CAPÍTULO IV

LETRAS E ALGARISMOS

Para fornecermos todos os elementos necessários à construção de uma máquina ou estrutura, é indispensável que, além dos dados relativos à forma expressos pela "linguagem gráfica" das linhas, indiquemos, ainda as dimensões, as informações relativas ao material e aos trabalhos de acabamento e o título. Tudo isto só poderá ser expresso por meio de letras e algarismos, traçados a mão livre, em um estilo perfeitamente legível e uniforme e capaz de possibilitar uma rápida execução. Tratando-se da apresentação, não há no desenho parte mais importante que a da execução de letreiros. Um bom desenho póde ser inutilizado, não somente na sua aparência, mas também em sua utilidade, quando as letras e algarismos são feitos sem inteligência e cuidado, pois números ilegíveis podem dar causa a erros na execução do projeto.

28. O parágrafo acima refere-se aos letreiros dos desenhos técnicos. Num sentido geral, a execução de letras e algarismos pode ser considerada como constituindo um ramo distinto do desenho. Há duas classes de pessoas interessadas em seu estudo: primeiro, as que usam as letras e as palavras para fornecer dados sobre o desenho; segundo, aquelas que as empregam no desenho artístico, tais como os artistas, os estudantes de belas-artes e os artífices. Os primeiros preocupam-se principalmente com a clareza e a rapidez, os últimos com a aparência e beleza das formas. Os arquitetos pertencem aos dois grupos, pois eles tanto as empregam em seus desenhos como nas inscrições e placas, gravadas sobre a pedra ou o bronze.

O estudante de engenharia toma o desenho de letras como a sua primeira tarefa e continua a praticá-la durante todo o curso, tornando-se pouco a pouco mais hábil e eficiente.

No desenho artístico de letras empregam-se várias formas de alfabeto adaptadas a cada propósito, tendo todas elas sua origem nas inscrições do

estilo romano, conhecidas como "Romano Antigo". São estas letras, cheias de beleza, que constituem a base dos diferentes tipos usados pelos arquitetos e artistas, embora eles se apropriem, às vezes, de outras formas como as góticas da Idade Média, uma das quais é popularmente conhecida como "Caracteres góticos".

Os engenheiros civis usam, no desenho definitivo de plantas e mapas topográficos, uma variedade conhecida como Romano Moderno. Nos desenhos para execução emprega-se quase exclusivamente a forma simplificada, de traços uniformes.

As letras, segundo o modo como são feitas, dividem-se em dois grupos: *as desenhadas* ou *"construídas"* e as *manuscritas* ou letras de *traço simples.* As letras romanas são geralmente desenhadas, fazendo-se em primeiro lugar o contorno que é depois preenchido, enquanto que as de traço uniforme em geral, são feitas em traços simples.

O traçado de letras, *não* pode enquadrar-se na categoria dos desenhos com instrumentos. As letras de tamanho grande, caprichosamente desenhadas, são às vezes feitas com instrumentos, mas o uso continuado, feito por alguns desenhistas, do traçado mecânico das letras conhecidas como "letras geométricas", letras de traço uniforme, etc., executadas com linhas retas traçadas com a régua T e o esquadro, está quase inteiramente condenado.

29. Proporcionalidade. Não há ainda padronização das proporções de letras, mas existem certas regras básicas no desenho e algumas particularidades próprias de cada letra que devem ser totalmente conhecidas e observadas, antes de tentar compô-las em palavras ou frases. A largura das letras não só varia dentro do mesmo alfabeto, (desde o I, a mais estreita, ao W, a mais larga) como também em alfabetos diferentes.

As letras de pouca largura chamam-se "**LETRAS ESTREITAS**" e se empregam nos espaços limitados. As letras de muita largura em relação à altura denominam-se "LETRAS LARGAS".

A proporção da largura do traço para a altura varia bastante, graduando-se desde um terço a um vigésimo. As letras de traço encorpado chamam-se "**letras de negrito**", as de traços comuns chamam-se "LETRAS DE CLARO".

30. Regras de estabilidade. Ao traçar as letras tomar-se-á em consideração a conhecida ilusão de óptica, segundo a qual uma linha horizontal situada no meio de um retângulo aparenta estar mais abaixo. Para terem uma aparência equilibrada, as letras B E K S X Z e os números 3 e 8 serão sempre desenhados com a parte superior menor que a inferior. Para experimentar o efeito dessa ilusão inverta-se uma página impressa de baixo para cima, e observem-se as letras mencionadas.

31. Letras de traço simples. Todo engenheiro deve conhecer perfeitamente o traçado das letras de traço simples, sejam verticais ou inclinadas, pois a maior parte das legendas dos desenhos técnicos emprega este tipo de letra. A habilidade para bem fazer as letras só se obtém pela prática contínua e cuidadosa, mas pode ser adquirida por qualquer pessoa que tenha um controle normal sobre os músculos dos dedos e que pratique

com perseverança e inteligência, observando com atenção: a forma das letras, a seqüência dos traços, ao fazê-las, e as regras de sua composição. Não é uma questão de talento artístico ou mesmo de destreza manual. Muitos desenhistas que escrevem mal, desenham bem as letras e algarismos.

As palavras: traço simples ou traço único não querem dizer que toda a letra seja feita sem levantar o lápis ou a pena, mas que a largura do traço do lápis ou da pena é igual à dos traços da letra.

32. Pautas. As pautas da base e da parte superior das letras são sempre traçadas levemente, com um lápis bem apontado. A figura 73 mostra o modo de executar certo número de pautas, para letras, igualmente afastadas. Ao fazê-las, traça-se primeiro a linha base e sobre ela marca-se

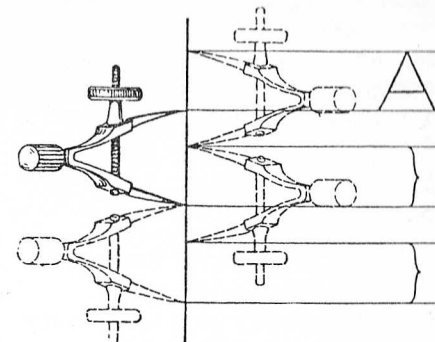



Fig. 73 — Modo de marcar as pautas

a altura desejada da letra; tomando-se, então, o compasso de mola com a abertura que se deseja entre as linhas base, desloca-se-o tantas vezes quantas forem estas linhas. Com a mesma abertura do compasso e partindo do ponto superior que assinala a altura das letras, executam-se novas marcações de cima para baixo que nos darão os pontos da parte superior de cada letra.

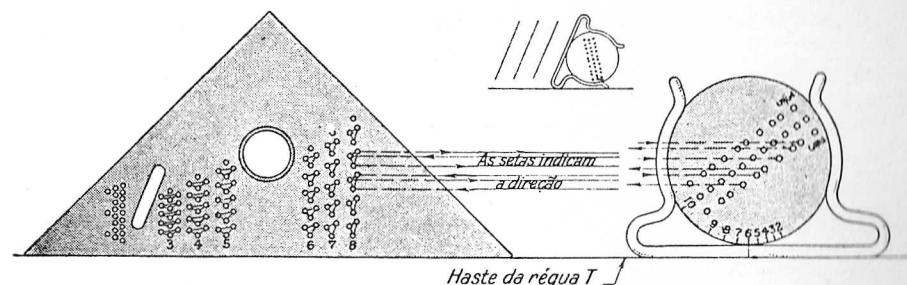



Fig. 74 — Esquadro "Braddock-Rowe" Fig. 75 — Instrumento "Ames" para o traçado de pautas

O esquadro "Braddock-Rowe", Fig. 74, e o aparelho para o traçado de letras "Ames", Fig. 75 são úteis no espacejamento das pautas. Estes aparelhos se empregam inserindo-se a ponta bem afilada de um lápis sobre o orifício apropriado e guiando o instrumento com a régua T, num movimento de vaivém. As linhas vão sendo traçadas pela ponta do lápis que

é passado de um orifício para outro do mesmo rebaixo. Os orifícios são grupados para maiúsculas e minúsculas e os números que indicam a altura das maiúsculas são graduados em 1/32″, assim, o número 6 significa que as maiúsculas terão uma altura de 6/32″ ou, simplificando, 3/16″.

33. Modo de traçar letras a lápis. No capítulo precedente encarecemos a utilidade dos desenhos exatos executados a lápis. Isso é também

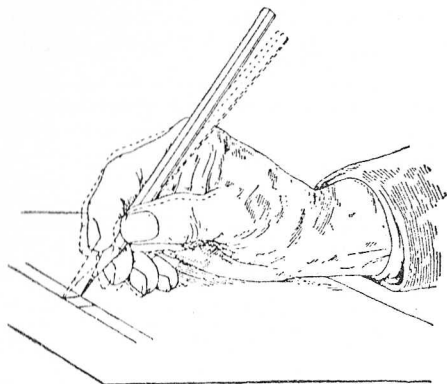



Fig. 76 — Traços verticais

verdadeiro para o desenho de letras, pois praticamente todo ele é feito a lápis, quer se destine à reprodução por um dos processos usuais ou ao recobrimento a nanquim. No primeiro caso, o traço a lápis deve ser nítido,

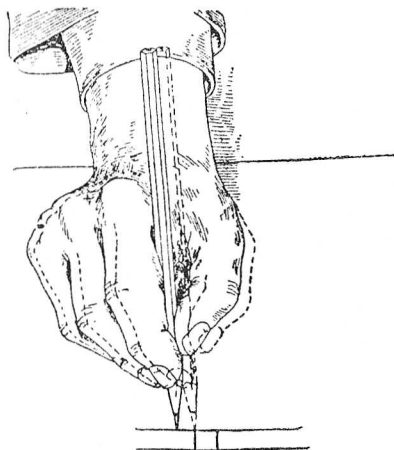



Fig. 77 — Traços horizontais

limpo e opaco, enquanto que no segundo, será mais fino e leve. O lápis para fazer letras e algarismos só será escolhido depois de experimentado cuidadosamente sobre o papel. Em alguns casos empregar-se-á o mesmo lápis, usado no desenho, noutros, serão preferidos os de um grau ou dois mais macio.

Aponta-se um lápis cortando a madeira em forma de um cone alongado e arredondando depois a mina de grafita levemente, na extremidade, de modo que não fique tão aguda como para desenho.

O primeiro requisito para bem traçar as letras é a maneira correta de segurar o lápis ou a caneta. A Fig. 76 ilustra o modo confortável de segurá-lo, com o polegar, o indicador e o médio apoiando-se nas faces alternadas do lápis e o anular e o mínimo, sobre o papel. Os traços verticais, os inclinados e os curvos são feitos com um movimento firme, igual e contínuo dos dedos, enquanto que os traços horizontais se executam com um movimento da mão girando sobre o pulso, Fig. 77. Exerce-se uma pressão firme e uniforme sobre o lápis, mas sem calcá-lo de forma a produzir sulcos no papel. Acostume-se a girar a ponta do lápis depois de cada traço para conservar a simetria da ponta.

34. Penas para o traçado de letras. Há muitas variedades de penas de aço adaptáveis ou especialmente feitas para o traçado de letras. A grossura do traço das penas mais comuns, encontra-se em tamanho

LEONARDT 516 F: 506 F
HUNT 512: ESTERBROOK 968
Esterbrook 1000 Spencerian No. 1
Gillott 404: Gillott 303 Para traços muito finos usam-se as penas Gillott 170 e 290 ou Esterbrook 356 e 355

Fig. 78 — Traços a tinta em tamanho natural

natural na Fig. 78. Muitas delas são fabricadas em grupos graduados, destinadas à execução de letras de traço simples, como se vê na figura 79, que são próprias para os trabalhos de dimensões avantajadas. O reser-

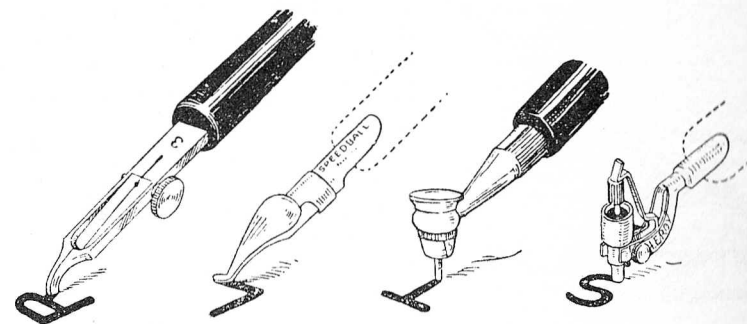



Fig. 79 — Penas "Barch-Payzant", "Speedball", "Edco" e "Leroy"

vatório de tinta da pena tanque tipo "Henry", Fig. 80, permite manter a uniformidade da espessura da linha. Obtém-se um dispositivo semelhante, curvando e inserindo na caneta uma lâmina metálica cortada de

um segurador de papel de latão, de uma mola em espiral, de relógio, ou de uma folha de latão, de tal forma que a parte curva fique em contacto com o bico da pena, como se vê na Fig. 81. Aumenta-se o fluxo de tinta aproximando-se a ponta da haste ao bico da pena.

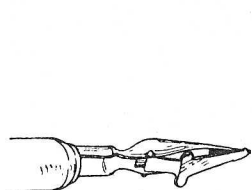



Fig. 80 — Pena-tanque "Henry

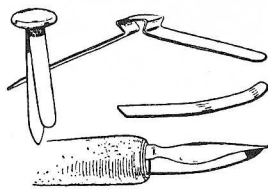



Fig. 81 — Dispositivo para pena comum

Antes de usar uma pena nova, é conveniente molhá-la e limpá-la bem a fim de se remover uma camada fina de óleo que a protege. Alguns costumam prepará-la levando-a à chama de um fósforo, por dois ou três segundos. Uma pena bem adaptada pelo uso é melhor que uma nova, e por isso se a conserva com cuidado, não a emprestando nunca. A pena que foi molhada na tinta de escrever não pode mais servir para nanquim. Quando em uso, é preciso limpá-la freqüentemente com um pano. O emprego do tira-linhas não é aconselhável para executar, a mão livre, letras ou algarismos.

35. Uso da pena. Escolhe-se uma caneta de tamanho pequeno com segurador de rolha e nela se introduz firmemente a pena. Ao enchê-la de tinta, muitos preferem utilizar a haste apropriada, tocando-a na parte inferior do bico da pena, em vez de embebê-la no tinteiro. Quando ela for mergulhada, o excesso de tinta deve ser devolvido, sacudindo-a ou tocando-a, ao retirá-la, no gargalo do frasco. Empregando-a com muita tinta, as letras apresentarão o aspecto das da Fig. 82.

EHMNWTZ

Fig. 82 — Tinta em excesso

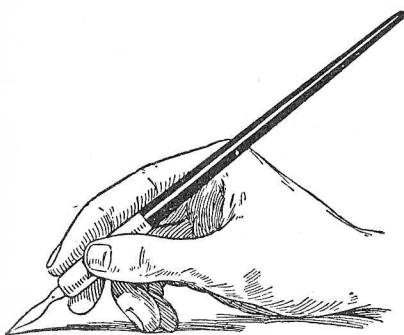



Fig. 83 — Modo de segurar a caneta

Segurando-se a caneta, como na Fig. 83, ela deve em vez de ser agarrada, descansar frouxamente sobre os dedos, de tal modo que possa ser facilmente retirada com a outra mão. O desenho das letras executa-se com um movimento uniforme e contínuo e uma pressão leve e igual, sem ser tão forte que abra o bico da pena.

36. Maiúsculas verticais de traço simples. O tipo de letra vertical de traço único é empregado geralmente em títulos, letras de referência, etc. A regra de proporcionalidade entre a altura e a largura das letras estabelece que, quanto menor for uma letra, tanto mais larga deve ser. A letra baixa e larga é muito mais legível que a estreita e alta, e causa melhor impressão. Eis por que só raramente se empregam letras estreitas.

É indispensável, como requisito fundamental, que cada um conheça a forma e as particularidades de cada letra. Inúmeras pessoas julgam que o traçado de letras consiste simplesmente na maneira infantil de caligrafia aprendida no curso primário. Quase tão acentuadas como as peculiaridades individuais do manuscrito, são as que encontramos na escrita das letras cuja forma, todavia, está limitada ao tipo das letras padrões.

37. Ordem dos traços. Nas páginas seguintes estão grupadas em famílias, todos os algarismos e as maiúsculas ligeiramente alongadas, de um alfabeto. É preciso estudar com atenção a forma de cada letra e a ordem e direção de seus traços constituintes, repetindo tantas vezes cada letra quantas forem necessárias, para o completo conhecimento de sua forma e construção. Inicialmente a prática consistirá em fazer, a lápis, letras de grandes dimensões (até 9,5 mm de altura), a seguir, menores e por último, em fazê-las diretamente a tinta.

Para facilitar a avaliação das proporções entre largura e altura e revelar as sutilezas da forma, as letras são apresentadas sobre um fundo quadrado dividido em quadrículas de lado igual a 1/6 do lado maior. Observar-se-á que diversas letras deste tipo, como A, T, etc. enchem o quadrado, ou melhor, têm a largura e a altura iguais, conquanto outras como H, D, etc. têm cinco espaços de largura ou sejam 5/6 da sua altura. *Estas proporções devem ser aprendidas visualmente* para que as letras de alturas diferentes possam ser feitas, sem hesitação, em sua justa proporção. Êstes grupos devem ser estudados em série, com lápis e papel a mão.

O grupo I H T. — Fig. 84. A letra I é o traço fundamental. Se for difícil desenhá-la bem de pé, traçam-se, como orientação, linhas auxiliares verticais afastadas de cerca de 2,5 cm. Pela regra de estabilidade o H, que é quase quadrado (5/6), terá seu traço horizontal imediatamente acima do centro. A horizontal do T é traçada, em primeiro lugar, da largura do quadrado e a vertical começa exatamente de seu ponto médio.

Fig. 84

Fig. 85

O grupo L E F. — Fig. 85. O L é feito em dois traços. Observe-se que os dois primeiros traços de E são os mesmos do L, que o terceiro ou superior é pouco mais curto que o inferior e que o último é 2/3 de seu comprimento e ligeiramente acima do centro. O F tem as mesmas proporções do E.

Fig. 86

O grupo N Z X Y. — Fig. 86. Em geral traçam-se primeiro os lados paralelos do N, mas há quem prefira fazê-lo em traços consecutivos. O Z e o X são iniciados, na parte superior do quadrado, onde são mais es-

traços, atingindo embaixo toda a largura do quadrado, isto faz com que o cruzamento do X se dê um pouco acima do centro. O encontro das pernas do Y é levemente abaixo do centro.

O grupo V A K. — Fig. 87. O V é ligeiramente mais estreito que o A que toma toda a largura do quadrado e tem o traço horizontal a 1/3 acima da base. O segundo traço do K atinge o traço vertical a 1/3 da base e o último deve nele começar, numa direção como se partisse do topo do traço vertical.

O grupo M W. — Fig. 88. — São estas as letras mais largas. O M pode ser feito, ou com traços consecutivos, ou fazendo primeiro as verticais, como no N. O W é constituído de dois VV estreitos, tendo cada

Fig. 87

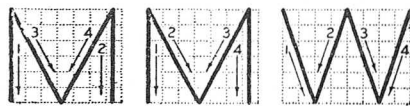



Fig. 88

um 2/3 da largura do quadro. Observe-se que nas letras pontiagudas, a espessura da ponta é igual à do traço, isto é, os eixos dos traços se encontram sobre as pautas.

O grupo O Q C G. — Fig. 89. Neste alfabeto de letras largas, as letras da família do O são feitas como as circunferências. A letra O é feita em duas partes, sendo o lado esquerdo um arco mais longo que o direito, porque este é mais difícil de traçar. Faça a barra do Q reta ou quase reta.

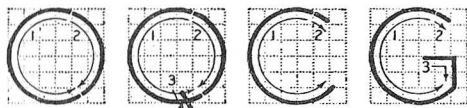



Fig. 89

O C e o G de tamanho grande são feitos com mais precisão com um traço extra na parte superior, enquanto que nos pequenos, se faz a curva de uma só vez. Consultar a Fig. 97. Note-se que a horizontal do G fica na metade da altura e não atinge a vertical que passa pelo centro do quadrado.

O grupo D U J. — Fig. 90. A linha superior e a inferior do D devem ser horizontais, a não observância desta regra é comum nos neófitos. O U

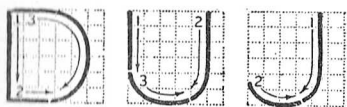



Fig. 90

Fig. 91

de dimensões grandes se faz com dois traços paralelos, aos quais se junta a parte curva; nas letras pequenas, o U será executado com dois traços que se encontram, recurvados na parte inferior. O J se faz como o U.

O grupo P R B. — Fig. 91. No caso das letras P, R e B, o número de traços depende do tamanho da letra. Nas letras grandes, primeiro, fazem-se os

traços horizontais e depois se juntam as curvas, mas nas pequenas os lobos são feitos de uma só vez. A linha média do P e do R estão sobre a linha do centro e a do B segue a regra de estabilidade.

O grupo S 8 3. — Fig. 92. O S, o 8 e o 3 são intimamente relacionados pela forma e deve observar-se com atenção a regra de estabilidade. A letra S de tamanho grande é feita em três vezes enquanto que as menores, em duas, e nas muito pequenas basta um traço. O 8 se faz, ou baseado na

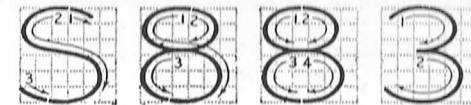



Fig. 92

construção do S em três traços, ou decompondo a parte superior e inferior em quatro partes. De um 3 perfeito pode fazer-se um 8. O 3 de traço superior reto que às vezes se vê, não é usado, pelo perigo de confundir-se com o 5.

O grupo 0 6 9. — Fig. 93. O algarismo 0 é levemente mais estreito que a letra O. O lado esquerdo do 6 e o direito do 9 têm a mesma curvatura do zero e os lobos representam 2/3 da altura do número.

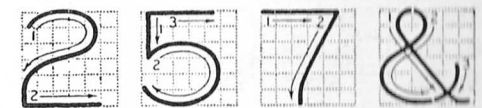



Fig. 93 Fig. 94

O grupo 2 5 7 &. — Fig. 94. O segredo da construção do 2 consiste em fazer a curva reversa cruzar pelo centro do quadrado. A base do 2 e o traço superior do 5 e do 7 devem ser retas horizontais. A perna do 7 termina, abaixo, exatamente na vertical que passa pelo meio do traço superior. Curva-se levemente a sua extremidade inferior, a fim de modificar o seu aspecto rígido. O símbolo &, quando grande é feito em três partes e quando pequeno em duas, em ambos os casos precisa ser muito bem proporcionado.

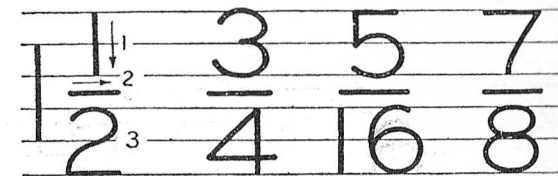



Fig. 95

Grupo das frações. — Fig. 95. As frações ordinárias são sempre representadas com um traço horizontal. Os algarismos têm dois terços da altura da parte inteira e são dispostos deixando um espaço em branco, acima e abaixo do traço de fração, perfazendo assim para a fração completa uma altura de cinco terços do algarismo inteiro. Devem fazer-se mui-

tos exercícios sobre os algarismos e as frações. Uma prática aconselhável é desenhar, numa folha, uma tabela de frações ordinárias e suas equivalentes decimais. (Ver no apêndice a parte referente a tabelas.)

38. Minúsculas verticais. As letras minúsculas verticais de traço simples não são, geralmente, empregadas nos desenhos de máquinas, mas usam-se largamente nos mapas. Nas cartas topográficas do governo americano, são as letras padrões, na representação do relevo. O corpo da letra tem dois terços da altura das maiúsculas e os traços ascendentes ou des-

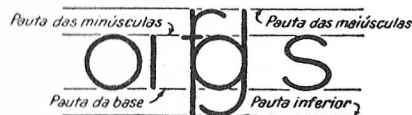



Fig. 96

cendentes, atingem no primeiro caso a altura das maiúsculas, e no segundo, prolongam-se para baixo num comprimento igual ao ramo ascendente. As letras minúsculas, usadas com as maiúsculas largas que acabamos de estudar, devem ser feitas, tomando-se como base a combinação de um círculo com uma reta, tal como se vê, em escala ampliada, na Fig. 96.

Fig. 97 — Maiúsculas e minúsculas verticais de traço simples

A Fig. 97 mostra as letras maiúsculas e minúsculas em ordem alfabética, apresentando algumas com dois tipos de traçado.

39. Letras maiúsculas inclinadas de traço simples. As letras inclinadas são usadas de preferência em lugar das verticais, principalmente pelos desenhistas de estruturas metálicas. A ordem e direção dos traços é a mesma empregada no traçado das letras verticais.

Uma vez traçadas as pautas, executam-se as linhas auxiliares inclinadas para ajudar a vista a manter uniforme a inclinação das letras. Elas são feitas com o esquadro de letras de cerca de 67 ½°, ou então, marcando-se sobre o papel a inclinação de 2 para 5 (tomando-se dois comprimentos sobre a linha horizontal e cinco sobre a vertical) e com a ajuda de um esquadro e da régua T, como mostra a Fig. 98. A forma que tomam as letras

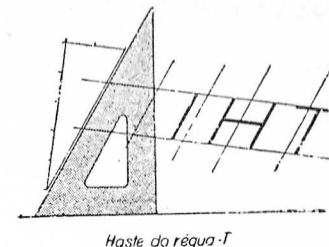



Fig. 98 — Linhas auxiliares inclinadas

redondas, quando inclinadas, é ilustrada, na figura 99. Aí se vê que as curvas são agudas na parte superior direita e inferior esquerda e achatadas nos outros quadrantes. Três são os fatores que tornam um trabalho atraente e agradável: primeiro, uniformidade na inclinação; segundo, traços

Fig. 99 Fig. 100

uniformes e boa conformação das letras; terceiro, espacejamento uniforme. O erro invariável do principiante é estreitar cada letra separadamente e espaçá-las demasiado uma da outra.

Tomar-se-á o devido cuidado com as letras que tenham lados inclinados, tais como o A, o V e o W. Os lados inclinados destas letras devem ser traçados de tal modo que dêem a impressão do equilíbrio em relação a uma linha auxiliar que passe pelo seu ponto de interseção, como na Fig. 100.

A figura 101 ilustra o alfabeto de estilo inclinado. A forma de cada letra precisa ser estudada com muita atenção.

40. Minúsculas inclinadas de traço simples. As letras minúsculas inclinadas, Fig. 101, têm o corpo igual a dois terços da altura das maiúsculas, com os traços ascendentes atingindo a pauta das maiúsculas e os descendentes, a pauta inferior. Estas letras são geralmente conhecidas pelos engenheiros mais antigos, principalmente os civis, como letras "Reinhardt", em honra ao sistematizador de sua construção, Charles W. Reinhardt. É um estilo muito legível e eficiente que, depois de conhecido em suas particularidades, permite a rápida execução das letras. As minús-

culas se prestam melhor para notas e dados dos desenhos, por duas razões: primeiro, porque são lidas mais facilmente que as maiúsculas, uma vez que lemos a palavra pela forma e é o tipo a que estamos habituados, e, segundo, porque se escrevem mais depressa.

Fig. 101 — Maiúsculas e minúsculas inclinadas de traço simples

Todas as letras do alfabeto Reinhardt são baseadas em dois motivos — retas e elipses, e não possuem apêndices. Elas se dividem em quatro grupos, como se vê nas figuras de n.os 102 a 105. O traço do *t* e os pontos do *i* e do j ficam na pauta do t, ou seja, a meia distância entre a pauta das maiúsculas e a pauta das minúsculas. As letras com traços em forma de olhal são feitas com uma elipse, (cujo eixo maior é inclinado de cerca de 45°), combinada com uma reta. Ao desenhá-las rapidamente, esta elipse tende a transformar-se numa oval, o que deve ser evitado.

Fig. 102 — Letras com traços retos

Fig. 103 — Letras com traços em forma de olhal

O *c*, *e* e *o* se baseiam numa elipse da forma das maiúsculas, mas menos inclinada que a elipse das minúsculas em forma de olhal. Nos traçados pequenos e rápidos, a letra *o* é feita de uma só vez como também o *e*, *v* e *w*.

O *s* é semelhante ao maiúsculo, mas, excetuando-se as letras de mais de 3 mm de altura, é feito em um só traço. Nas letras da Fig. 105, observe-se particularmente a forma do "gancho", da parte curva.

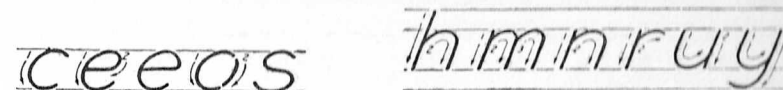



Fig. 104 — Letras elípticas

Fig. 105 — Letras com traços em forma de gancho

As letras de traço simples, mesmo quando bastante estreitas, são perfeitamente legíveis, Fig. 106, mas usam-se também na forma alongada.

AS LETRAS ESTREITAS SÃO USADAS quando o espaço é limitado. Tanto as verticais como as inclinadas podem ser estreitas.

AS LETRAS LARGAS DE CERTA altura são mais legíveis.

Fig. 106 — Letras estreitas e largas

41. Unicamente para canhotos. A ordem e direção dos traços nos alfabetos precedentes, foram feitas para as pessoas que escrevem com a mão direita. A principal razão pela qual os canhotos encontram, às vezes, dificuldade, para o desenho de letras, é que no homem normal a escrita progride, afastando-se do corpo e no canhoto progride aproximando-se, em conseqüência o trabalho ficará parcialmente coberto pela mão ou lápis, o que dificulta o encontro dos traços e a conservação da uniformidade.

No caso das letras inclinadas, a linha oblíqua em vez de se aproximar se afasta para sua esquerda, o que torna este estilo assaz penoso para ele. Por esta razão se recomenda aos canhotos o *uso exclusivo das letras verticais*.

O canhoto comum, cuja maneira de escrever é idêntica a do que utiliza a mão direita, considerando-se porém invertidas as posições, removerá parte da dificuldade causada pela interferência da visão, modificando a seqüência e o sentido dos traços de algumas letras.

A Fig. 107 apresenta um alfabeto detalhado com algumas letras repetidas, sugerindo dois modos de traçá-las. Na letra E, o traço superior é feito antes do inferior e o M é traçado da esquerda para direita, a fim de evitar que o lápis ou a pena cubram algum traço. As partes horizontais das curvas fazem-se mais facilmente da direita para a esquerda, por isso o ponto de partida para fazer o O, o Q, o C, o G e o U diferem dos padrões para a mão direita. O S é a letra ideal para os canhotos e se a faz melhor com um único e harmônico traço. O 6 e o 9 são trabalhosos e necessitam de uma prática especial. Nas minúsculas, *a*, *d*, *g* e *q* é preferível traçar a parte reta antes da curva, embora isto torne um pouco mais difícil o espaçamento das letras.

O canhoto que escreve de punho retorcido e que executa os traços de cima para baixo, encontra maior embaraço nas letras verticais que o canhoto comum. No alfabeto da Fig. 107 onde se encontram duas maneiras de traçar algumas letras, o que escreve com o punho retorcido terá pro-

Fig. 107 — Ordem dos traços para canhotos

vavelmente mais facilidade em fazer a segunda. Outros preferirão inverter o sentido de *todos* os traços, fazendo os verticais de baixo para cima e os horizontais, da direita para a esquerda.

Pode dizer-se, à guisa de estímulo, que muitos canhotos são peritos no traçado de bonitas letras.

42. Composição. A composição, na escrita, consiste na seleção, disposição e espaçamento das letras, de acordo com o estilo e tamanho das mesmas. Nos desenhos técnicos, a escolha do estilo se limita a opção entre as letras de traço uniforme inclinadas ou verticais, o que quer dizer que aqui a palavra compor significa dispor em forma atraente e legível.

Fig. 108 — Área dos intervalos

Depois de aprendidas a forma e a execução de cada letra, todo exercício será dedicado exclusivamente à composição em palavras e frases, porque o espaçamento adequado das letras faz mais pela aparência do conjunto que a forma particular de cada uma. As letras não são dispostas, guardando uma distância uniforme dentro de cada palavra, mas de tal maneira que a área dos claros (o recorte irregular do fundo visto entre as letras)

seja aproximadamente igual, dando assim aos espaços uma aparência uniforme. A Fig. 108 mostra a forma dos espaços. O intervalo entre as letras é tomado de acordo com a forma da letra situada antes e depois do intervalo. As letras contíguas de lados retos são, por isso, mais afastadas que as de lado curvo. Em algumas combinações como L T e A V as letras podem até se sobrepor. Regras definidas para a separação de letras nunca deram bons resultados; este é um assunto que só depende do arbítrio e senso artístico do desenhista. A Fig. 109 ilustra uma composição de palavras. O tamanho das letras a se usar em cada caso parti-

A COMPOSIÇÃO DE LETREIROS
REQUER UM ESPACEJAMENTO CUIDADOSO, NÃO
SÓ ENTRE AS LETRAS, MAS TAMBÉM ENTRE AS
PALAVRAS E LINHAS.

Fig. 109 — Composição de letreiros

cular determina-se melhor esboçando-as levemente, do que julgando pelo simples afastamento das pautas, pois estas parecem indicar sempre um tamanho mais reduzido para as letras que aquele que estas aparentam numa carreira pronta. Antes de recobrir a tinta uma carreira de letras feitas a lápis, passa-se a borracha para remover o excesso de grafita prejudicial ao nanquim. Evite-se o uso de uma pena grossa para letras pequenas e de uma de traço fino para as grandes. Quando se empregam maiúsculas grandes e pequenas, a altura destas deve ser cerca de 4/5 da daquelas.

Um bom método de espaçar as palavras é deixar entre elas o intervalo que ocuparia um suposto I que ligasse duas palavras numa única, Fig. 110. Este intervalo nunca deve ser maior que a altura das letras.

ASIPALAVRASISERÃOIESPACEJADAS
ESBOÇANDO-SEIUMIIINOSIINTERVALOS
AS PALAVRAS SERÃO ESPACEJADAS
ESBOÇANDO-SE UM I NOS INTERVALOS

Fig. 110 — Modo de espacejar as palavras

A distância em branco entre duas linhas deve variar de ½ a 1 ½ vezes a altura da letra, sem entretanto ter a mesma altura, tendo em vista a boa aparência. Os instrumentos das Figs. 74 e 75 dão um espaço entre as linhas igual a 2/3 da altura da letra. Os parágrafos serão sempre recolhidos no início.

43. Legendas. (1) O problema principal que o desenhista encontra na composição de palavras e frases, é o da execução dos títulos. Todo o

(1) Nota do tradutor: No Brasil já existe uma norma recomendada para a execução das legendas.

desenho tem uma legenda descritiva contendo os dados concernentes ao mesmo, que são feitos a mão livre ou impressos. Estes dados não são os mesmos para as diversas espécies de desenhos (observem-se as legendas dos desenhos para a execução, parágrafo 265; legendas dos desenhos arquitetônicos, parágrafo 422; legendas dos desenhos de estruturas, Fig. 492; legenda de mapas, parágrafo 448).

A forma comumente empregada é a *legenda simétrica,* a qual é composta em torno de um eixo vertical e desenhada de tal modo que seu contorno externo apresente uma forma elíptica ou oval. Às vezes as palavras impõem a forma de uma pirâmide direta ou invertida. A figura 111 ilustra os diversos feitios em que são compostas as legendas.

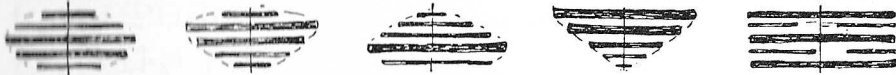



Fig. 111 — Legendas simétricas

O ângulo inferior direito da folha é geralmente destinado à legenda com o objetivo de encher este espaço. Ao dispor um desenho na folha, reserva-se pois este canto para a legenda, cujas dimensões são escolhidas consoante o tamanho e o propósito do desenho.

Num desenho de 279 mm $\times$ 432 mm, a legenda pode ter um comprimento de 76 mm.

44. Modo de executar uma legenda. Depois de escolhidas as suas palavras, rascunha-se ou melhor escreve-se a máquina sua disposição em uma folha separada de papel, como na Fig. 112. Contam-se as letras, assim como os espaços entre as palavras, e assinala-se a letra ou espaço médio de cada linha. As linhas devem ser postas em destaque de acordo com sua importância relativa, tendo em vista a impressão que causará no destinatário do desenho. Em sua composição habitualmente só são empregadas letras maiúsculas. Traça-se a pauta da base da linha mais

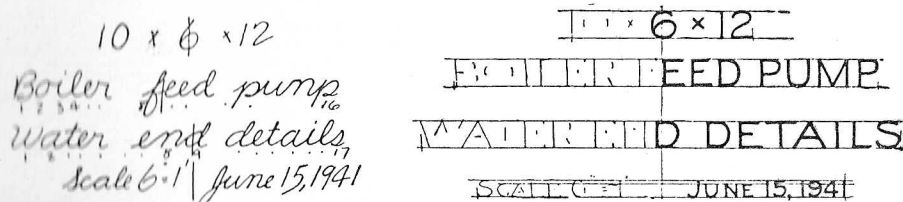



Fig. 112 — Composição de um título

importante e nela mede-se o comprimento desejado que, dividido pelo número de letras de cada linha, dar-nos-á a altura das mesmas, permitindo-nos o traçado da pauta superior. A partir do meio para o fim, esboça-se levemente de cada letra o bastante para mostrar o espaço que ocupa e transporta-se o comprimento da metade direita para o lado oposto, trabalhando-se indiferentemente para trás ou para diante, segundo se principie, pelo meio ou começo da linha. Quando esta linha satisfizer as exigências

de tamanho e intervalos, fazem-se do mesmo modo as restantes. Observa-se o efeito e, se necessário, modificam-se as letras ou as linhas e completa-se a legenda a lápis. A pontuação só é usada nas abreviações.

45. Método do papel auxiliar. Esboça-se cada linha da legenda num pedaço de papel, usando uma altura determinada entre as pautas e determina-se o ponto médio de cada linha. Dobra-se o papel pela pauta da base das letras, coloca-se seu ponto médio sobre a linha central do desenho, e executam-se as letras definitivas da legenda abaixo das correspondentes do esboço. Elas podem ser todas desenhadas ao longo da borda do papel auxiliar, tomando-o como pauta superior ou inferior, ou executando a legenda completa no papel auxiliar, cortando-a, adaptando-a ao desenho e copiando-a por decalque.

46. Método de divisão proporcional. Em virtude da largura variável das letras romanas é às vezes difícil estabelecer o intervalo entre as letras ou palavras de uma linha de comprimento dado, simplesmente pela contagem das letras.

A Fig. 113 ilustra a maneira de espaçar pelo método dos triângulos semelhantes. Suponhamos que se queira pôr a palavra "ROMAN" sobre

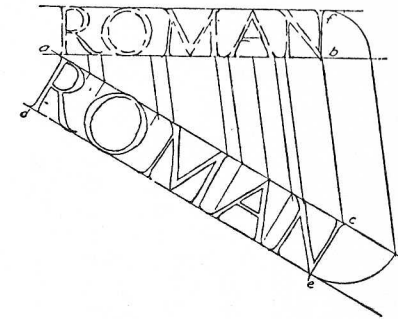



Fig. 113 — Método de divisão proporcional

uma linha de comprimento *ab*. Traça-se por *a* uma linha *ac* fazendo com *ab* um ângulo qualquer (por exemplo, 30°) e uma segunda linha *de* paralela a *ac*. No espaço entre as paralelas faz-se o rascunho da palavra, a partir de *a* e dando a cada letra o espaço conveniente, tendo em vista a precedente, deixando que a palavra se estenda, sem a preocupação de um limite. Liga-se a extremidade da última letra em *c*, com *b* e traçam-se a partir de cada letra linhas paralelas a *cb* que dividirão proporcionalmente a reta *ab*. Uma vez obtida a altura *bf* de *ce*, conforme mostra a figura, pode-se esboçar a palavra em sua posição definitiva.

47. Execução das letras de traço uniforme encorpado. Elas têm sido consideradas como letras de traço simples. Para letras maiores de 8 mm ou para letras em "negrito", traça-se o contorno e se preenche a tinta. Comparadas aos outros estilos, as letras de determinado tamanho são legíveis de uma distância maior; por isso elas devem ser empregadas toda vez que a legibilidade for a condição primordial. A espessura do traço variará de um décimo a um quinto da altura e se conservará uni-

forme em todos os pontos da letra. Ao cobrir a tinta o contorno feito a lápis, mantém-se a parte *externa* do traço a tinta junto ao traço do lápis, Fig. 114, de outro modo a letra ficará mais grossa do que o esperado.

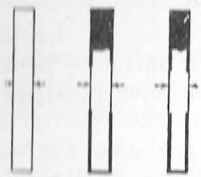



Fig. 114

Nas letras de tamanho grande, feitas a lápis, os dois traços são executados na mesma ordem e direção das letras de traço simples, conforme se vê no exemplo da Fig. 115. As extremidades do C, G e S são normais às respectivas partes curvas da letra. A rigidez das letras pode ser quebrada, fazendo-se pequenos esporões nas extremidades, como na Fig. 116. A Fig. 117 apresenta em contorno todo o alfabeto onde a espessura do traço de cada letra

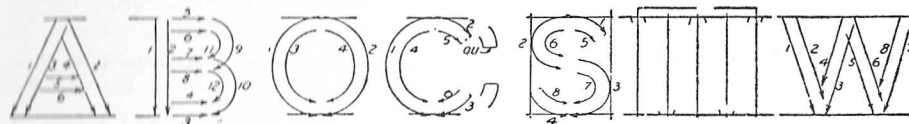



Fig. 115 — Modo de traçar as letras grandes de traço uniforme encorpado

é igual a um sexto da altura. Com esta mesma escala de larguras executam-se os desenhos das letras claras. Na Fig. 116 vemos um alfabeto de

ABCDEFGHIJ
KLMNOPQRS
TUVWXYZ &

Fig. 116 — Letras estreitas de traço uniforme encorpado

letras estreitas, com dois terços da largura normal das letras, onde a espessura do traço tem um sétimo da altura, mas a escala é dada também em sextos, como na Fig. 117.

48. **As letras romanas.** Já foi dito que o estilo romano é o pai de todos os tipos de letras de uso cotidiano, por variadas que sejam em seu aspecto. Embora bastante diferenciados, todos os tipos romanos podem ser classificados em três grupos: (1) Primitivo ou clássico, (2) renascença e (3) moderno. Os dois primeiros são muito semelhantes e ambos são designados pelo nome de romano antigo.

Fig. 117 — Construção de letras largas de traço uniforme encorpado

Fig. 118 — Maiúsculas do romano antigo

As letras romanas são compostas de traços de duas espessuras, correspondendo aos traços de cima para baixo e de baixo para cima da pena de taquara com que elas eram originariamente escritas. É uma falta imperdoável errar o traço que deve ser reforçado.

Regra para o traçado das linhas grossas. Todos os traços horizontais são estreitos e todos os verticais, excetuando os do M, N e U, são encorpados. Para se saber quais os traços encorpados das letras que têm lados inclinados, copia-se a forma da letra da esquerda para a direita, num único traço, e observa-se quais as linhas que, segundo a orientação dos traços, são feitas de cima para baixo. Na Fig. 118 vê-se um alfabeto romano antigo de letras cuja espessura do traço é igual a um décimo da altura da letra e suas partes finas têm pouco mais da metade daquela

Fig. 119 — Minúsculas do romano antigo

espessura. Nas inscrições e legendas usam-se, em geral, somente as maiúsculas, com exceção de poucos casos em que se empregam as minúsculas da Fig. 119. Estas são traçadas com a pauta das minúsculas a seis décimos e a espessura do traço igual a 1/12 da altura da maiúscula.

O alfabeto romano antigo é o único utilizado pelos arquitetos, geralmente numa adaptação ao estilo de traço simples, como se vê na Fig. 120.

49. **O romano moderno.** Os engenheiros civis precisam conhecer muito bem o alfabeto romano moderno, pois são as letras empregadas nas legendas dos mapas e nos nomes indicativos da divisão política do território, como países e cidades. Para vencer as dificuldades em desenhar estas letras, é preciso muita atenção nos detalhes. Os traços grossos têm uma

ABCDEFGHIJKLMN
OPQRSTUVWXYZ&
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
1234567890
ROMANAS DE TRAÇO SIMPLES para DESENHOS ARQUITETÔNICOS

ABCDEFGHIJKLMMNOPQRSTUV
WXYZ& 1234567890
A FORMA ESTREITA é para ESPAÇOS LIMITADOS

INCISED

ABCDEFGHIJKLMNOPQRS
TUVWXYZ& 1234567890
aabcdefghijklmnopqrstuvwxyz

As notas sobre os desenhos são mais facilmente lidas, quando escritas em minúsculas do que em maiúsculas.

AS LETRAS ITÁLICAS de traços simples podem ser bastante estreitas, quando um espaço restrito assim o exige. Este exemplo está desenhado com a incl. de 75°.

Fig. 120 — Letras romanas e itálicas de traço simples

espessura que varia de um sexto a um oitavo da altura da letra, mas os da Fig. 121 têm um sétimo. Uma escala de papel que se faz dividindo a altura da letra em sete partes, facilita o desenho a lápis. As minúsculas do romano moderno, Fig. 122, são usadas nos mapas para os nomes de

ABCDEFG
HIJKLMNO
PQRSTUV
WXYZ&123
4567890

Fig. 121 — Maiúsculas do romano moderno

abcdefghijklm
nopqrstuvwxyz

Fig. 122 — Minúsculas do romano moderno

pequenas cidades e vilas. Observe-se a diferença das extremidades das letras, nas Figs. 122 e 119.

A ordem e a direção dos traços com os quais se desenham as letras romanas estão ilustradas nas letras típicas da Fig. 123. Os pequenos traços

de arremate das extremidades das hastes se estendem igualmente para ambos os lados e são ligados à letra por pequenas curvas. A aparência das letras romanas é, na maior parte das vezes, prejudicada pela má execu-

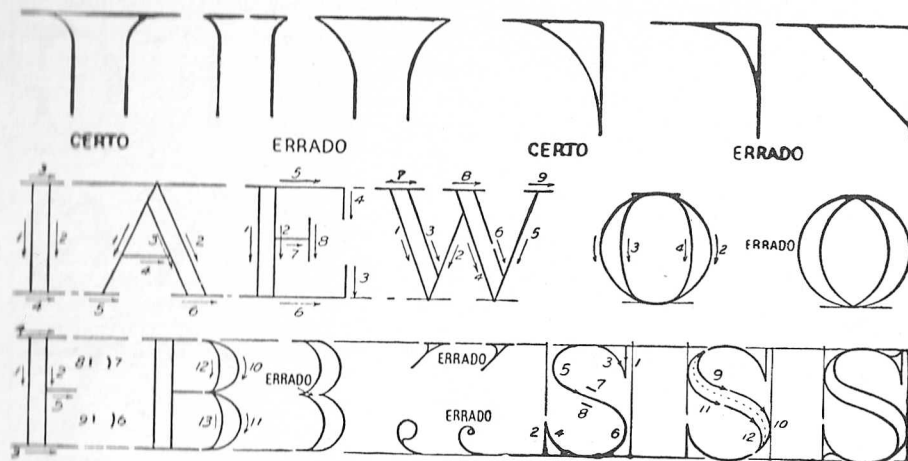



Fig. 123 — Construção das letras do romano moderno

MAPA DEMONSTRATIVO
DOS
DEPÓSITOS DE MINÉRIO DE FERRO
NOS
ESTADOS DO OESTE
ESCALA km

Fig. 124 — Título com letras romanas

ção das concordâncias e dos traços de acabamento. Para letras menores de 6,5 mm é preferível omitir a execução de todas as concordâncias. De-

ROMANAS LARGAS
BCGHJKLPQSUVW

ROMANAS ESTREITAS-BHKTWG

Fig. 125 — Romanas modernas largas e estreitas

ver-se-á também observar que as letras curvas são ligeiramente achatadas sobre sua diagonal. A figura 124 ilustra uma legenda escrita em letras romanas.

As letras romanas podem ser estreitas ou largas, como mostra a Fig. 125. Para estas letras a escala da largura será feita maior ou menor, que a normal. As letras estreitas da Fig. 125, por ex., são desenhadas com uma largura de 3/4 da altura que é dividida em sete partes.

50. Letras romanas inclinadas. As letras inclinadas são empregadas na nomenclatura hidrográfica dos mapas. A figura 126 mostra um alfabeto romano de letras inclinadas que têm as mesmas dimensões que as

A B C D E F G H I
J K L M N O P Q R
S T U V W X Y Z &
a b c d e f g h i j k l m n o
p q r s t u v ou v w ou w x y ou y z
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

Fig. 126 — Romanas inclinadas e itálicas

da Fig. 121. A inclinação pode variar de 65 a 70°. As da figura 126 estão inclinadas na proporção de 2 para 5. As minúsculas desta figura são chamadas itálicas. As letras de pequeno tamanho são feitas com o traço único de uma pena flexível e as grandes são desenhadas em contorno e depois enchidas.

EXERCÍCIOS

Os exercícios seguintes deverão ser feitos numa folha de 127 mm × 178 mm. A prática do desenho de letras deve ter lugar em períodos curtos e freqüentes.

Série I — Maiúsculas verticais de traço simples.

1. Executar em tamanho grande, a lápis, cada letra, individualmente estudando minuciosamente sua forma. Deixando uma margem de 13 mm na parte superior do papel, traçar as pautas para cinco carreiras de letras de 10 mm. Traçar somente quatro vezes cada uma das letras retilíneas seguintes: *I H T L*

E F N Z Y V A M W X, depois de examinar com toda a atenção as figuras de ns. 84 a 88. A Fig. 127 é a reprodução em verdadeira grandeza de um trecho deste exercício.

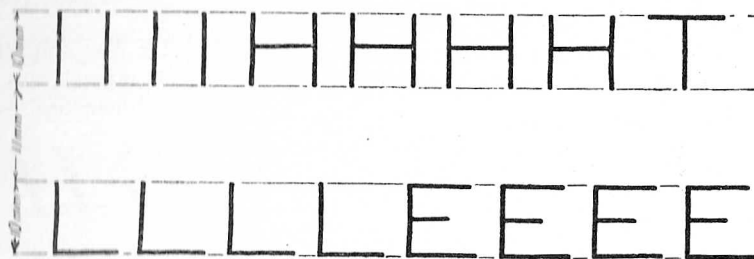



Fig. 127

2. O mesmo exercício anterior para as letras curvas *O Q C G D U J B P R S*. Estudar as figuras de n.os 89 a 92.

3. O mesmo exercício 1, para os números 3, 8, 6, 9, 2, 5, 1/2, 3/4, 5/8, 7/16, 9/32. Estudar as figuras de n.os 93 a 95.

4. Composição. A mesma disposição do exercício n.º 1. Ler o parágrafo sobre composição e depois executar a lápis as cinco linhas seguintes: (1) COMPOSIÇÃO DE PALAVRAS. (2) LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO. (3) INSTRUMENTOS E MATERIAIS. (4) CASQUILHO DE BRONZE. (5) DETALHE DE UM MACACO.

5. Desenhar a lápis e a nanquim letras de 7 mm. Começando a 8 mm do alto da folha, traçar as pautas para oito carreiras de letras de 7 mm. Fazer os grupos de letras na ordem em que foram dados, desenhando cada letra quatro vezes a lápis e depois quatro vezes a nanquim, como na Fig. 128.

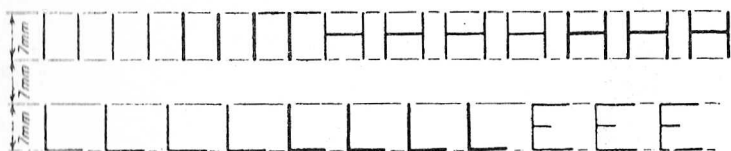



Fig. 128

6. Composição. Desenhar em três linhas a citação de Benjamin Lamme, "O ENGENHEIRO OLHA COM ESPERANÇA PARA AS FUTURAS CONQUISTAS".

7. Letras verticais de 3,5 mm. Deixando uma margem superior de 5,5 mm traçar as pautas para 16 linhas de letras. Cada número e letra deve ser feito oito vezes diretamente a nanquim, completando as linhas restantes com a composição de uma parte do parágrafo 42.

8. Composição. Escrever a seguinte definição: "A engenharia é a arte e a ciência de dirigir e dominar as forças da natureza e de utilizar seus materiais em benefício do homem; ela compreende a organização do esforço humano para alcançar seus objetivos e comporta a apreciação das vantagens sociais e econômicas resultantes do exercício de sua atividade."

Série II — Maiúsculas inclinadas de traço simples

9 a 16. Usar as mesmas especificações e espaços dos exercícios de 1 a 8 da série I, mas para a construção de letras inclinadas, estudar o parágrafo 39 e as figuras de n.os 98 a 101.

Série III — Minúsculas inclinadas de traço simples

17. Executar a lápis letras grandes correspondentes às maiúsculas de 9 mm. Terão 6 mm e os ramos ascendentes e descendentes, 3 mm. A partir de 10 mm do alto da folha, traçar as pautas, de sete carreiras de letras. Isto será executado com rapidez, fazendo-se linhas distanciadas uniformemente de 3 mm e assinalando com uma chave a pauta das maiúsculas e a da base de cada carreira. Fazer, só a lápis, quatro vezes cada letra do alfabeto. Estudar as figuras de n.os 101 a 105.

18. Minúsculas usadas com as maiúsculas de 3/16" (4,8 mm). A partir de 12 mm do alto da folha, traçar (com o esquadro de Braddock, ou o aparelho de Ames, espaço n.º 6), a pauta das maiúsculas, a pauta das minúsculas e a da base, para treze carreiras de letras. Fazer cada letra seis vezes a lápis e seis vezes a nanquim.

19. Composição. As mesmas pautas do exercício 18. Copiar o parágrafo inicial do presente capítulo.

20. Copiar as dez primeiras linhas do parágrafo 31.

Série IV. Legendas.

21. Desenhar num espaço de 8 cm × 13 cm uma legenda, para o desenho do conjunto do eixo traseiro, na escala de 1:2, como faz a "Chevrolet Motor Co", Detroit. O número do desenho é C 82746.

22. Desenhar a legenda para a vista da fachada de uma usina geradora, feita na escala de 1:50, pelo arquiteto Burton Grant, para a "Citizens Power e Light Company of Punxsutawney", Pennsylvania.

CAPÍTULO V

CONSTRUÇÕES GEOMÉTRICAS

51. Todos os exercícios de geometria, de caráter teórico, podem ser resolvidos unicamente com a régua e o compasso. Os princípios da geometria são freqüentemente empregados no desenho geométrico com instrumentos, mas, como a solução geométrica dos problemas e a construção gráfica das figuras diferem muitas vezes dos métodos usados pelo desenhista munido de uma aparelhagem própria para desenhar com rapidez e precisão, tais problemas não estão incluídos aqui. Há, por exemplo, diversos modos de traçar uma perpendicular a uma reta dada, habitualmente, porém, o desenhista emprega apenas a régua T e o esquadro. A aplicação dos processos geométricos é, às vezes, necessária em operações em que não se possam empregar os instrumentos de desenho, tais como ao executar, em verdadeira grandeza, no piso, traçados em folhas metálicas ou em parte dos desenhos de aviões. Supõe-se que o estudante, ao manusear este livro, já esteja familiarizado com os conhecimentos da geometria plana e saiba aplicá-los convenientemente. Se o aluno não se recordar da solução de um problema qualquer, deve imediatamente consultar qualquer um dos livros adotados que se ocupam do assunto. Há algumas construções, entretanto, que ocorrem com maior ou menor freqüência no seu trabalho e que precisam ser bem conhecidas. São estas as questões ensinadas, neste capítulo e que também servem como bons exercícios para o emprego judicioso dos instrumentos. Para recordar os nomes de várias figuras geométricas, consulte-se a Fig. 186 no fim deste capítulo.

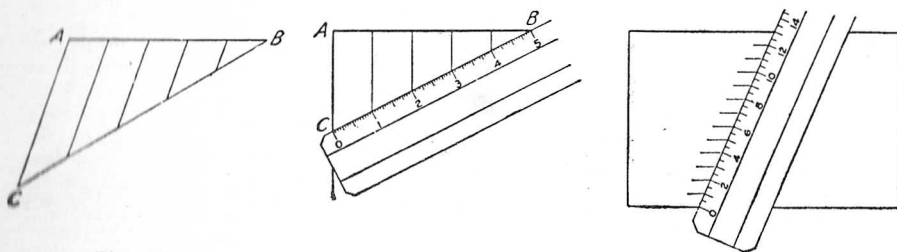



Fig. 129 — Divisão de uma reta

Fig. 130 — Emprego da escala

Fig. 131 — Emprego da escala

52. Dividir uma reta em um número qualquer de partes iguais — Processo geométrico. — Fig. 129. Para dividir uma linha *AB* em um número qualquer de partes iguais, sejam por exemplo cinco, traça-se uma reta qualquer *BC* de comprimento indefinido e sobre ela marcam-se su-

cessivamente cinco divisões iguais de comprimento conveniente, ligando o último ponto com *A*. Utilizando um esquadro e uma régua como se vê na Fig. 23, traçam-se pelos pontos marcados paralelas a *CA* que interceptem *AB*.

Emprego da escala. Aplicando o princípio precedente, o desenhista geralmente prefere o processo da escala que consiste em traçar por uma das extremidades da reta dada uma perpendicular *AC* e colocar, então, uma escala de modo que cinco divisões iguais fiquem compreendidas entre *B* e a perpendicular, como na Fig. 130. Com um esquadro e uma régua T, traçam-se perpendiculares que passam pelos pontos marcados e que irão dividir a reta *AB* como se deseja.

A Fig. 131 ilustra uma aplicação onde se determinam os degraus de uma escada.

Êste processo pode ser empregado para a divisão de uma reta em um número qualquer de partes iguais.

53. Por um ponto dado traçar uma paralela a uma reta dada. (No caso em que não se possa empregar o processo da Fig. 23). Fig. 132. Com centro em *P* e com um raio de comprimento adequado, traça-se um

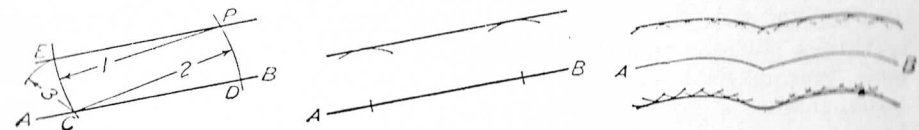



Fig. 132 Fig. 133 Fig. 134

arco *CE* interceptando a linha *AB* em *C*. Fazendo centro em *C* e com o mesmo raio, descreve-se o arco *PD*. Fazendo novamente centro em *C* e com uma abertura de compasso igual a *DP* corta-se o arco *CE* em *E*. A reta *EP* é a linha pedida.

54. Traçar uma paralela a uma linha dada a uma distância dada. (1) *Caso de linhas retas.* — Fig. 133. Com a distância dada, como raio, e dois pontos da linha dada, como centros, (quanto mais distanciados forem, melhor será), traçam-se dois arcos. A tangente a estes arcos será a linha pedida.

(2) *Caso de linhas curvas.* — Fig. 134. Descreve-se uma série de arcos, tomando como centros pontos ao longo da linha e com a curva francesa traça-se a tangente a estes arcos. Consultar a Fig. 49.

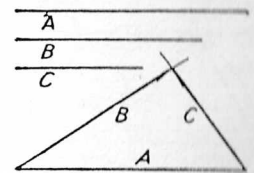



Fig. 135 — Construção de um triângulo

55. Construir um triângulo, dados os três lados. — Fig. 135. Sendo dados os lados *A*, *B* e *C*, traça-se o lado *A* na posição desejada e, com seus extremos como centros e com a abertura do compasso igual a *B* e *C*, respectivamente, descrevem-se dois arcos que se cortem como na figura. Este processo é largamente empregado nos traçados por meio de triângulos.

56. Cópia de um polígono para uma nova posição. — Fig. 136. Dados o polígono *ABCDEF* e a nova posição da base *A'B'*, considera-se cada ponto como vértice de um triângulo cuja base é *AB*. Com centro em *A'* e *B'*, descrevem-se com os raios *AC* e *BC*, respectivamente, dois arcos, cuja

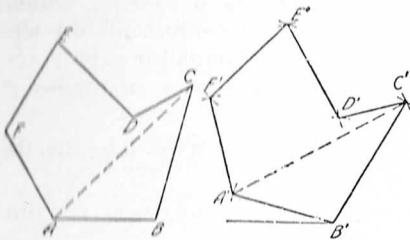
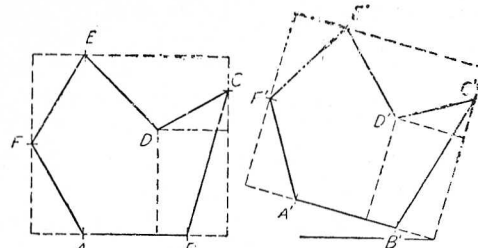



Fig. 136 — Cópia de um polígono Fig. 137 — Processo das abscissas e ordenadas

interseção nos dará o ponto *C'*. Semelhantemente, com *AD* e *BD* como raios, determina-se *D'*. Une-se *B'* a *C'* e *C'* a *D'* e prossegue-se analogamente, tomando sempre *A'* e *B'* como centros.

Processo do retângulo ou das abscissas e ordenadas. — Fig. 137. Inscreve-se o polígono num retângulo, constrói-se o retângulo sobre uma nova base (traçado da Fig. 24), e marcam-se sobre ele os pontos *ABCEF*, determinando-se o ponto *D* pelas coordenadas ortogonais, como se vê na figura.

57. Construir um hexágono regular. *Conhece-se a distância entre dois vértices opostos* AB. *Primeira construção.* — Fig. 138. Traça-se uma circunferência tendo *AB* como diâmetro. Com o mesmo raio e com centro em *A* e *B*, descrevem-se dois arcos que interceptem a circunferência e ligam-se os pontos de interseção.

Segunda construção (sem compasso). Com o esquadro de 60°, traçam-se na ordem indicada as linhas da Fig. 139.

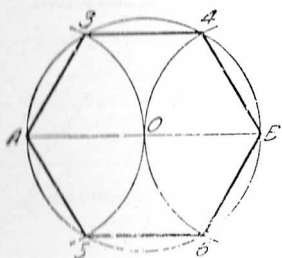
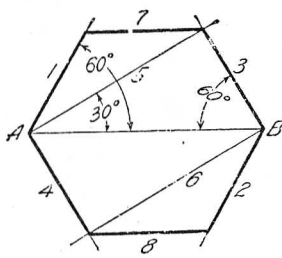
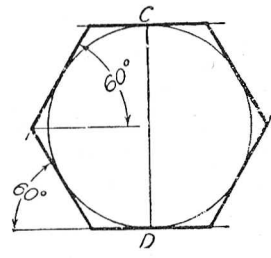



Fig. 138 — Hexágono Fig. 139 — Hexágono Fig. 140 — Hexágono

Conhece-se a distância entre dois lados opostos. Esta distância é o diâmetro da circunferência inscrita. Descreve-se a circunferência e traçam-se, com o quadro de 60°, tangentes a ela , como na Fig. 140. Consultar a Fig. 373.

58. Inscrever um pentágono regular numa circunferência. — Fig. 141. Traça-se o diâmetro *AB* e o raio *OC* que lhe é perpendicular e divide-se *OB* ao meio. Deste ponto *D* como centro e com um raio *DC* descreve-se um arco *CE*. Fazendo, agora, centro em *C* e com o raio *CE* traça-se o arco *EF*. *CF* é o lado do pentágono. Transporta-se esta distância com o compasso de ponta seca ao longo da circunferência. Muitos desenhistas preferem, empregar, em lugar deste traçado, o processo de divisão da circunferência por meio de tentativas como já foi descrito no parágrafo 13.

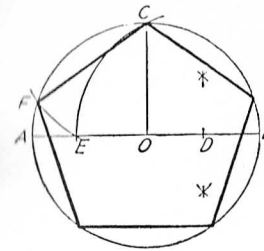



Fig. 141 — Pentágono

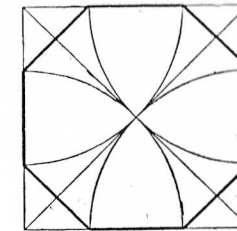



Fig. 142 — Octógono

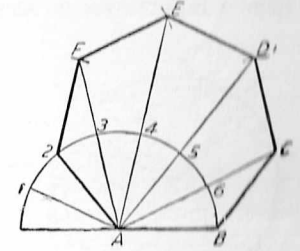



Fig. 143 — Polígono

59. Inscrever um octógono regular num quadrado. — Fig. 142. Traçam-se as diagonais do quadrado. Fazendo centro nos quatro vértices, descrevem-se, com um raio igual à metade da diagonal, arcos de circunferência que interceptem os lados do quadrado e unem-se estes pontos.

60. Construção de um polígono regular. *Conhece-se o lado* — Fig. 143. Suponhamos que o polígono tenha sete lados. Tomando o lado *AB* como raio e com centro em *A* descreve-se uma semicircunferência que é dividida em sete partes iguais. Traça-se o raio que passa pela segunda divisão e prolongam-se os raios que vão ter aos pontos 3, 4, 5 e 6. Com *AB* como raio e centro em *B* corta-se a linha *A6* em *C*. Fazendo, agora, centro em *C* e com o mesmo raio, determina-se *D* em *A5*, analogamente determina-se *E* e *F*. Unem-se estes pontos e tem-se o heptágono. Conhecido *A2* pode-se traçar a circunferência circunscrita e transportar o comprimento *AB* sobre ela.

61. Traçar um arco de circunferência, passando por três pontos dados. — Fig. 144. Dados os pontos *A*, *B* e *C*, a interseção das perpendiculares tiradas pelo meio das linhas *AB* e *BC* será o centro da circunferência procurada.

62. Tangentes. Um dos problemas que mais freqüentemente encontramos nos traçados geométricos é o do traçado de tangentes a arcos de circunferência, ou o de arcos tangentes a retas ou a outras circunferências. Estes traçados podem ser feitos com precisão e nos desenhos a lápis que serão cobertos a tinta ou copiados em papel transparente, os pontos de tangência são marcados com pequenos traços transversais, para indicar os pontos de interrupção das linhas a tinta. Os processos para determinar estes pontos são ensinados nos parágrafos seguintes.

63. Por um ponto dado sobre uma circunferência, traçar uma tangente a esta circunferência. — Fig. 145. Dado o arco *ACB*, traçar uma tangente pelo ponto *C*. Coloca-se o esquadro em combinação com a régua T (ou com outro esquadro) de modo que a sua hipotenusa passe pelos pontos *O* e *C*. Fixando a régua T, neste lugar, muda-se a posição do esquadro de modo que o outro cateto se apóie na haste do T e desloca-se-o até que a hipotenusa passe pelo ponto *C*. A tangente procurada é a linha que se confunde com a hipotenusa. (Nas pequenas figuras, ou quando o esquadro é grande, procede-se mais rapidamente, fazendo deslizar a hipotenusa do esquadro pela régua T, como em *B* da Fig. 24.)

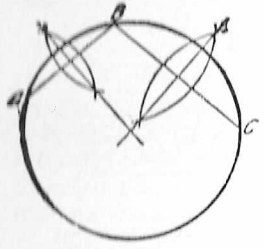



Fig. 144 — Traçado de uma circunferência por três pontos dados

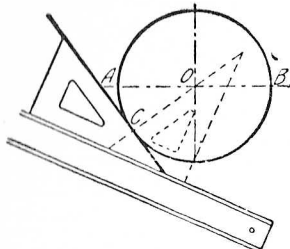



Fig. 145 — Traçado de uma tangente

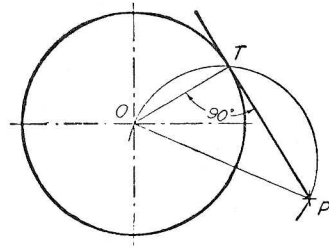



Fig. 146 — Traçado de uma tangente por um ponto exterior à circunferência

64. Por um ponto exterior a uma circunferência traçar uma tangente a esta circunferência. — Fig. 146. Liga-se o ponto ao centro do círculo. Sobre a linha *OP* como diâmetro traça-se uma semicircunferência. O ponto de interseção das duas circunferências é o ponto de tangência. (Provar).

65. Traçar uma tangente a duas circunferências. *Primeiro caso.* — Fig. 147 (correia direta). Com centro em *O*, traça-se uma circunferência de raio $R_1 - R_2$. Pelo ponto *P*, tira-se uma tangente a esta circunferência empregando o traçado da Fig. 146. Prolonga-se *OT* até T_1, traça-se PT_2 paralela a OT_1 e une-se o ponto T_1 a T_2.

Segundo caso Fig. 148 (correia cruzada). Traçam-se *OA* e A_1B perpendiculares a OO_1. De *P*, onde *AB* corta OO_1, traçam-se as tangentes como na Fig. 146.

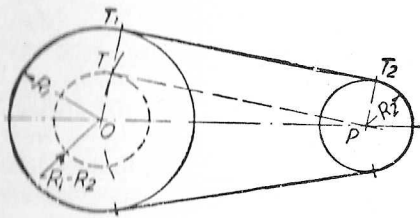



Fig. 147 — Correia direta

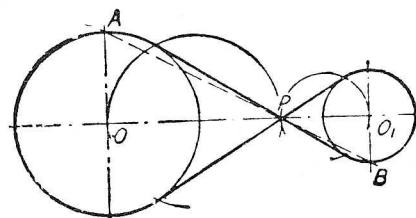



Fig. 148 — Correia cruzada

66. Traçar uma circunferência tangente a duas retas. — Fig. 149. Dadas as retas *AB* e *CD* e o raio *R*, traça-se uma paralela a *AB* a uma distância *R* da mesma que será o lugar dos centros de todas as circunferências de raio *R* tangentes a *AB*. Sua interseção com uma reta paralela a *CD* e a uma distância *R* de *CD* será o centro da circunferência procurada. Determina-se o ponto de tangência baixando-se de *O* perpendiculares a *AB* e *CD*. A Fig. 150 refere-se à mesma construção, porém, com um ângulo obtuso. Quando as duas retas são perpendiculares, Fig. 151, chega-se mais rapidamente à solução, traçando-se um arco com raio *R* e centro em *B* que corte *AB* e *BC* em *T* e *T'*. Com *T* e *T'* como centros e com o mesmo raio, traçam-se dois arcos que se cortem em *O*, ponto que será centro do arco pedido.

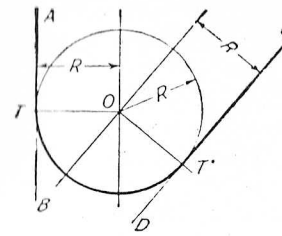



Fig. 149 — Concordância

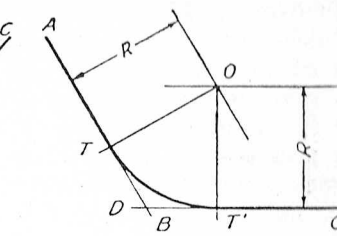



Fig. 150 — Concordância

Fig. 151 — Concordância

67. Traçar uma circunferência de raio *R* tangente a uma reta e a uma circunferência dadas. — Fig. 152. Sejam *AB* e R_1 a reta e o raio da circunferência dada. Traçar *CD* paralela a *AB* a uma distância *R* da mesma. Com centro em *O* e raio $R + R_1$, descreve-se um arco que intercepte *CD* em *X* que é o centro procurado. O ponto de tangência para *AB* estará sobre uma perpendicular baixada de *X* sobre a mesma e o ponto de tangência das duas circunferências estará sobre a linha que une os centros *X* e *O*. Observe-se que, quando duas circunferências são tangentes, o ponto de tangência se encontra na linha que une os seus centros.

68. Traçar uma circunferência de raio *R* tangente a duas circunferências dadas. *Primeiro caso.* — Fig. 153. Neste caso os centros dos círculos dados são exteriores à circunferência procurada. Sejam R_1 e R_2 os raios e *O* e *P* os centros respectivos das circunferências dadas. Fazendo

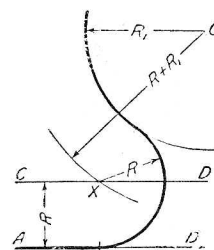



Fig. 152 — Concordância

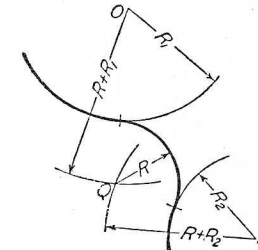



Fig. 153 — Concordância

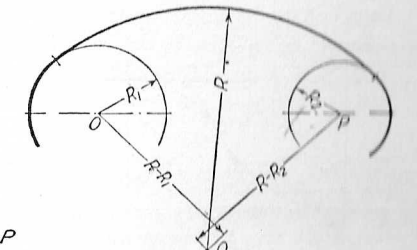



Fig. 154 — Concordância

centro em O e com raio $R + R_1$, descreve-se um arco. Com centro em P e raio $R + R_2$ traça-se um novo arco que intercepte o primeiro em Q que é o centro desejado. Marquem-se os pontos de tangência por meio das linhas OQ e PQ.

Segundo caso. — Fig. 154. Os centros dos círculos dados ficam no interior do círculo procurado. Fazendo centro em O e P e com raios $R - R_1$ e $R - R_2$, descrevem-se arcos que se cortarão no centro procurado.

69. Traçar uma curva reversa. — Fig. 155. Dadas duas paralelas AB e CD, unem-se por uma reta os pontos B e C pelos quais levantam-se respectivamente perpendiculares a AB e CD. Qualquer arco tangente a AB ou a CD em B e C deve ter seu centro nestas perpendiculares. Seja E o ponto sobre a linha BC pelo qual se deseja que passe a curva. Por meio de perpendiculares, dividem-se ao meio as linhas BE e EC. Qualquer arco que passe por B e E deve ter o centro em qualquer ponto da perpendicular que passa pelo seu meio. As interseções destas perpendiculares com as duas primeiras perpendiculares serão, portanto, os centros dos arcos BE e EC. Esta linha pode ser o eixo de uma estrada ou canalização curva. Verifica-se sua construção, traçando a linha que une os centros a qual *deve* passar por E. A Fig. 156 ilustra a construção da curva reversa, em diferentes casos.

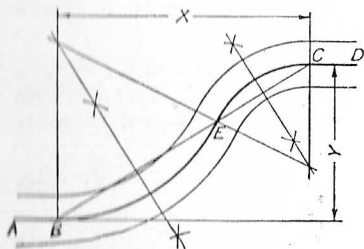



Fig. 155 — Curva reversa

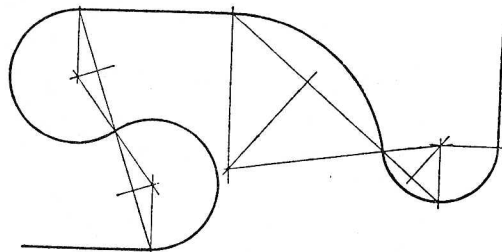



Fig. 156 — Aplicações da curva reversa

70. Traçar uma curva reversa tangente a duas linhas e a uma secante num ponto dado. — Fig. 157 A, B e C. Dadas as linhas AB e CD cortadas pela linha EF, nos pontos E e F, traça-se pelo ponto dado P sobre EF, uma perpendicular JH a EF. Fazendo centro em E e com

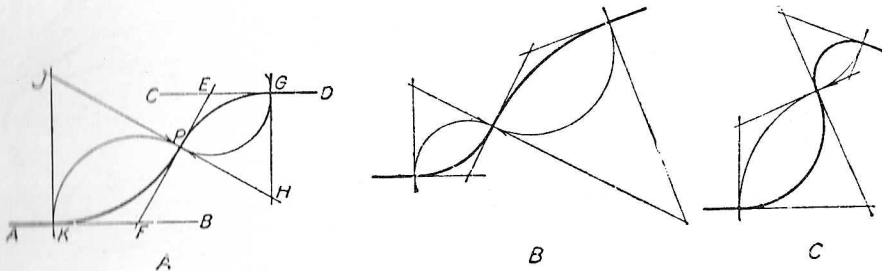



Fig. 157 — Curva reversa tangente a três linhas

raio EP intercepta-se CD, em G. De G traça-se uma perpendicular a CD que cortará JH em H. Com centro em F e com um raio FP intercepta-se AB, em K. De K traça-se uma perpendicular a AB, cortando JH em J. Os pontos H e J serão os centros dos arcos tangentes às três linhas.

71. Marcar sobre uma reta o comprimento aproximado de um arco de circunferência. — Fig. 158. Dado o arco AB, traçam-se por A a tangente AD e a corda BA, que se prolonga além de A. Traça-se AC igual à metade da corda AB. Fazendo centro em C e com o raio CB descreve-se um arco interceptando AD, em D. AD terá um comprimento aproximadamente igual ao arco AB (1). Se o arco estiver compreendido entre 45° e 90°, obter-se-á maior aproximação fazendo AC igual à corda da metade do arco em vez da metade da corda do arco.

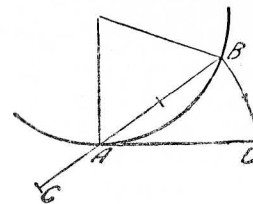



Fig. 158 — Retificação de um arco

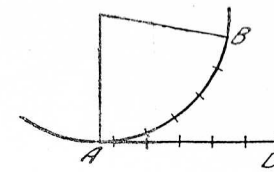



Fig. 159 — Retificação de um arco

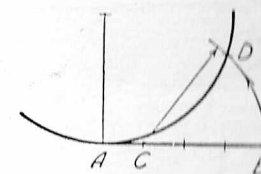



Fig. 160 — Retificação de um arco

O modo habitual de retificar um arco consiste em tomar um compasso de pontas secas, com uma abertura bastante pequena, para praticamente se confundir com o arco, e, a partir de B, deslocá-lo passo a passo até o ponto mais próximo de A. Daí sem levantar o compasso, transporta-se a distância correspondente à abertura do instrumento, o mesmo número de vezes sobre a tangente, como se vê na Fig. 159.

72. Marcar sobre uma circunferência dada o comprimento aproximado de uma reta. — Fig. 160. Seja AB a linha tangente à circunferência em A. Toma-se AC igual à quarta parte de AB. Com centro em C e raio CB descreve-se um arco que interceptará a circunferência em D. O comprimento do arco AD será igual ao da reta dada AB (com grande aproximação) (2). Se o arco AD for superior a 60°, resolve-se o problema empregando a metade do comprimento AB.

73. Seções cônicas. Pela interseção de um cone circular reto (cone de revolução) por planos com diferentes inclinações, obtêm-se quatro curvas conhecidas sob a denominação comum de *seções cônicas*, Fig. 161, que são: o *círculo*, quando o plano é perpendicular ao eixo; a *elipse*,

(1) Neste processo do prof. Rankine, o erro varia em relação à quarta potência do ângulo correspondente ao arco considerado. Para um ângulo de 60°, o erro cometido na retificação será de 1/900 do arco, para menos, enquanto que no caso de um ângulo de 30°, será apenas de 1/14 400.

N. do T.: Sendo $30° = 1/2 \times 60°$, seu erro variando segundo a quarta potência dos ângulos será: $(1/2)^4 \times 1/900$, ou $1/16 \times 1/900 = 1/14\,400$.

(2) Idem.

quando o plano faz com o eixo um ângulo maior que o da geratriz com o eixo; a *parábola,* quando o ângulo do eixo com o plano é igual ao do eixo com a geratriz; *a hipérbole,* quando o plano faz com o eixo um ângulo menor que o da geratriz com o eixo. Estas curvas são estudadas na geometria analítica, mas podem ser traçadas sem o conhecimento de suas equações, sabendo-se apenas algumas de suas características.

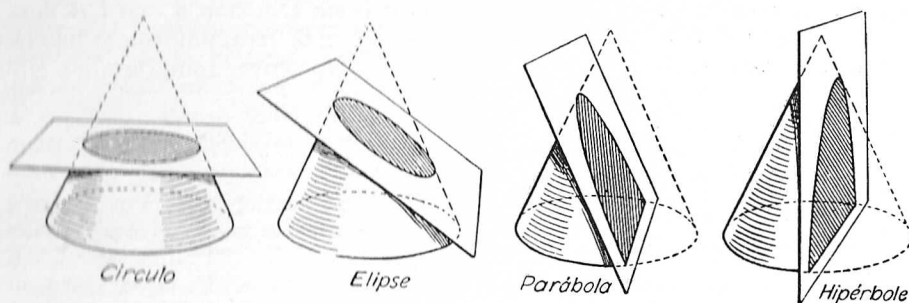



Fig. 161 — As seções cônicas

74. A elipse. — Fig. 162. A elipse é uma curva plana gerada por um ponto que se move de modo que a soma de suas distâncias a dois pontos fixos (F_1 e F_2), chamados focos, é constante e igual ao comprimento do eixo maior AB.

O eixo menor DE passa pelo centro e é perpendicular ao eixo maior. Determinam-se os focos, cortando o eixo maior por um arco de circunferência tendo o centro na extremidade do eixo menor e o raio igual à metade do eixo maior.

A elipse, assim como a circunferência, é encontrada, na prática, maior número de vezes do que as outras duas cônicas e o desenhista deve ser capaz de traçá-la rapidamente. Por isso, são ensinados diversos processos de construção, seja de uma elipse propriamente dita, seja de uma curva aproximada, feita com arcos de círculo. Na maior parte dos problemas, em que se apresenta esta curva, são conhecidos os dois eixos.

75. Elipse — Processo dos alfinetes e do barbante. Este conhecido processo, também chamado processo da "elipse de jardineiro", emprega-se muito em grandes traçados e se baseia na própria definição da elipse. Colocam-se alfinetes nos pontos D, F_1 e F_2, Fig. 162, e faz-se passar um fio de linha ou barbante, inextensível por estes três alfinetes. Substituindo-se o alfinete do ponto D por uma ponta traçante móvel e conservando-se o fio distendido, a ponta descreverá uma elipse.

76. Elipse — Processo da tira de papel. — Fig. 163. Sobre o lado reto de uma tira de papel, papelão ou celulóide, marca-se a distância *ao* igual à metade do eixo maior e *do* igual à metade do eixo menor. Se se deslocar a tira, conservando *a* sobre o eixo menor e *d* sobre o maior, *o* descreverá a elipse. Este processo é muito conveniente, porque não requer nenhuma construção, mas exige todo cuidado em manter os pontos *a* e *d* exatamente sobre os eixos, a fim de que a elipse saia perfeita. O elipsógrafo, Fig. 1033, é construído segundo o princípio usado neste método.

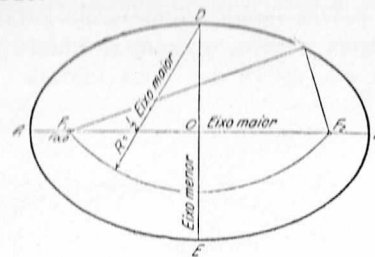



Fig. 162 — A elipse

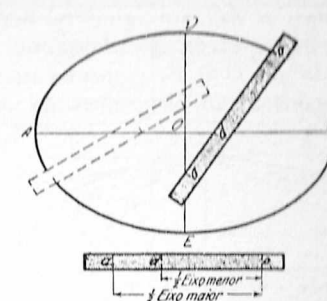



Fig. 163 — Processo da tira de papel

77. Diâmetros conjugados. Qualquer reta que passe pelo centro da elipse pode ser considerada como um dos diâmetros de um par de diâmetros conjugados. Dois diâmetros são conjugados quando cada um é paralelo respectivamente à tangente à curva, tirada pela extremidade do outro, ou quando um divide ao meio todas as cordas paralelas ao outro.

Determinar os eixos de uma elipse, dados os diâmetros conjugados. Primeiro processo. — Fig. 164. Dados os diâmetros conjugados CN e

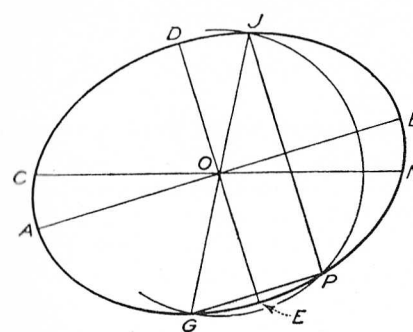



Fig. 164 — Diâmetros conjugados

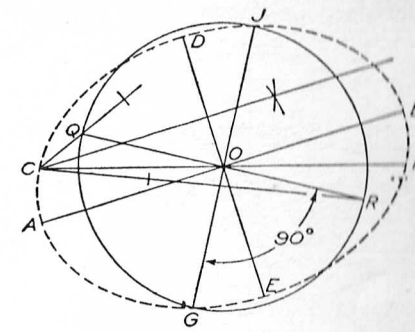



Fig. 165 — Diâmetros conjugados

JG, descreve-se, com centro em O e raio OJ uma semicircunferência que intercepte a elipse em P. O eixo maior e o menor serão paralelos às cordas GP e JP, respectivamente.

Segundo processo, quando a curva não é dada. — Fig. 165. Conhecidos os diâmetros conjugados CN e JG, faz-se centro em O e com raio OJ, descreve-se uma circunferência e traça-se o diâmetro QR perpendicular a JG. Traça-se a bissetriz do ângulo QCR, que será paralela ao eixo maior o qual terá um comprimento igual a $CR + CQ$. O comprimento do eixo menor será $CR — CQ$.

78. Elipse — Processo do paralelogramo. — Figs. 166 e 167. Este processo pode ser usado, ou quando são dados os dois eixos, ou quando são dados dois diâmetros conjugados. Sobre os diâmetros da elipse constrói-se um paralelogramo, divide-se AO em um número qualquer de partes iguais e AG em igual número de partes iguais, numerando estas divisões a partir de A. Passando por estes pontos, traçam-se linhas retas partindo de D e E, respectivamente, como se vê nas duas figuras. Suas interseções serão os pontos da curva.

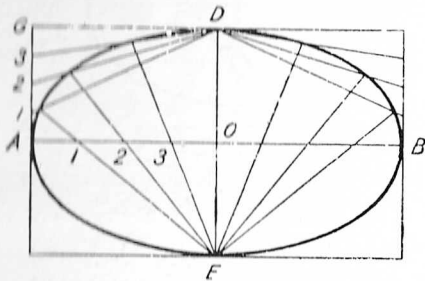



Fig. 166 — Processo do paralelogramo

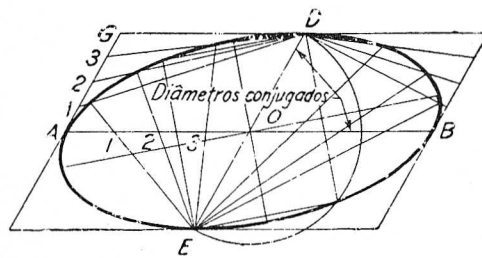



Fig. 167 — Processo do paralelogramo

79. Elipse — Processo das circunferências concêntricas. — Fig 168. Este é talvez o processo mais preciso de determinar os pontos da curva. Sobre os dois eixos da elipse, que se cortam em O, descrevem-se circunferências. De um número qualquer de pontos sobre a circunferência exterior, como P e Q, traçam-se os raios OP, OQ, etc., interceptando a circunferência interior em P' e Q', etc. Traçam-se pelos pontos P e Q paralelas a OD e pelos pontos P' e Q' paralelas a OB. A interseção das linhas traçadas por P e P' determina um ponto da elipse e a interseção das linhas que passam por Q e Q' determina outro ponto e assim por diante. Para maior precisão, estes pontos devem ser mais próximos à medida que se aproximam do eixo maior. Este processo será repetido nos outros quadrantes e a curva deve ser levemente esboçada a mão livre; ou então constrói-se somente um quadrante e os restantes são traçados com a curva francesa.

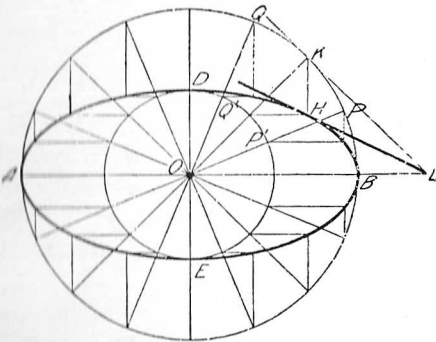



Fig. 168 — Processo das circunferências concêntricas

80. Traçar uma tangente a uma elipse. (1) *Por um ponto* P *da curva.* — Fig. 169. Traçam-se as linhas ligando o ponto P aos focos. A bissetriz do ângulo formado por PF_1 e pelo prolongamento de PF_2 é a tangente procurada.

Quando a elipse for construída pelo processo das circunferências concêntricas, Fig. 168, pode-se traçar a tangente em um ponto qualquer H,

tirando por H uma paralela a OD, até encontrar a circunferência exterior em K e traçando a tangente auxiliar KL à circunferência exterior. Esta tangente corta o eixo maior em L. Pelo ponto L traça-se a tangente pedida LH.

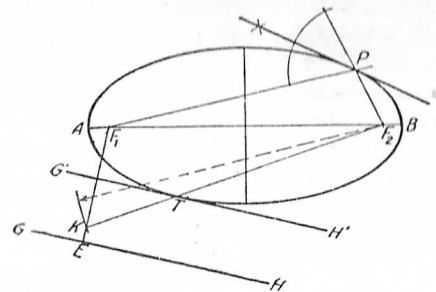



Fig. 169 — Tangentes

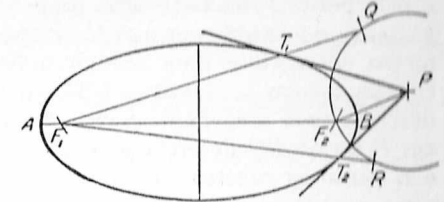



Fig. 170 — Tangente tirada à elipse por um ponto exterior

(2) *Por um ponto exterior.* — Fig. 170. Determinam-se os focos F_1 e F_2. Fazendo centro no ponto dado P e com um raio igual a PF_2, traça-se o arco RF_2Q. Com centro em F_1 e raio AB descreve-se um arco que corte o arco RF_2Q em Q e R. Ligam-se Q e R a F_1. As interseções dessas linhas com a elipse em T_1 e T_2 determinam os pontos de tangência das duas tangentes à elipse que partem de P. (Provar).

(3) *Paralela a uma linha dada* GH. — Fig. 169. Traça-se F_1E perpendicular a GH. Com o centro em F_2 e raio AB traça-se um arco que corte F_1E em K. A linha F_2K intercepta a elipse no ponto de tangência procurado T, e a tangente pedida é a paralela a GH que passa pelo ponto T.

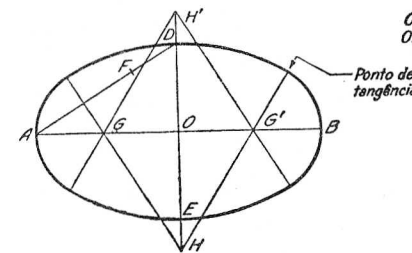



Fig. 171 — Falsa elipse ou oval regular

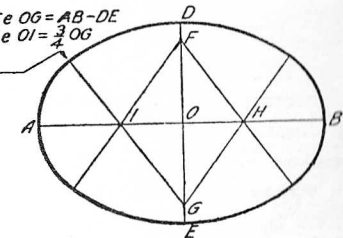



Fig. 172 — Falsa elipse ou oval regular

81. Falsa elipse ou oval regular. — Fig. 171. Unem-se os pontos A e D e marca-se DF igual a AO menos DO. Pelo meio de AF traça-se uma perpendicular que cortará AB em G e interceptará DE, ou seu prolongamento, em H. Faz-se OG' igual a OG e OH' igual a OH. Então G e G', H e H' serão os centros dos quatro arcos de circunferência tangentes que formarão uma curva de forma semelhante a da elipse.

Um outro processo é o da Fig. 172. Só será usado quando o comprimento do eixo menor for pelo menos igual a 2/3 do eixo maior.

82. Traçado aproximado da elipse, com oito centros. — Fig. 173. Quando se desejar uma maior aproximação, constrói-se uma elipse de oito centros, cuja metade superior é conhecida em construções de alvenaria como "arco de cinco centros". Traçam-se o retângulo $AFDO$ e sua diagonal AD e pelo ponto F baixa-se uma perpendicular a AD, que intercepte o prolongamento do eixo menor, em H. Faz-se OK igual a OD e com AK como diâmetro descreve-se uma semicircunferência que corte o prolongamento do eixo menor em L. Toma-se OM igual a LD e, com centro em H e raio HM, descreve-se o arco MN. Sobre AB marca-se AQ igual a OL. Com centro em P e raio PQ descreve-se o arco que intercepte MN em N; então P, N e H serão os centros da quarta parte da elipse de oito centros. Este processo se baseia no princípio de que o raio de curvatura, na extremidade do eixo menor, é igual à terceira proporcional em relação ao semi-eixo menor e ao semi-eixo maior e, inversamente, na extremidade do eixo maior, é igual à terceira proporcional ao semi-eixo maior e ao semi-eixo menor.

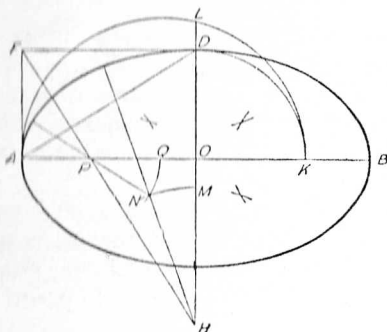



Fig. 173 — Traçado aproximado da elipse

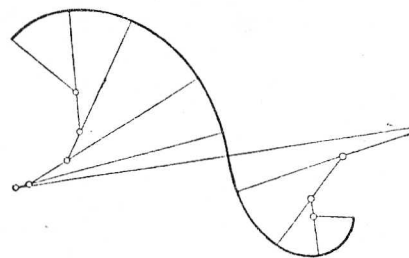



Fig. 174 — Traçado de uma curva, com arcos de circunferência

O raio intermediário determinado é a média proporcional entre esses dois raios.

Deve-se observar que uma elipse está mudando, em cada ponto sucessivo, seu raio de curvatura e que estas aproximações não são, portanto, elipses, mas, simplesmente, curvas de forma semelhante e por isso de aspecto menos agradável.

83. Curvas não circulares. Qualquer curva não circular pode ser traçada, com certa aproximação, por meio de arcos de circunferência tangentes, da maneira seguinte: escolhe-se convenientemente um centro e traça-se a parte do arco que coincide com a curva em questão. Em seguida, tomando novo centro e novo raio, traça-se o arco próximo, tendo sempre presente que, *se os arcos são tangentes, seus centros têm que estar sobre a normal comum que passa pelo ponto de tangência.* Os desenhistas preferem, algumas vezes, recorrer a este processo, no traçado a tinta, em lugar do emprego de curvas francesas. A Fig. 174 ilustra esta forma de traçado.

84. Parábola. A parábola é uma curva plana gerada por um ponto que se move conservando-se eqüidistante de um ponto fixo, chamado *foco*, e de uma reta fixa, chamada *diretriz*. Entre as suas aplicações práticas destacam-se os refletores parabólicos, os holofotes, alguns alto-falantes, perfis de estradas de rodagem, arcos de ponte, etc.

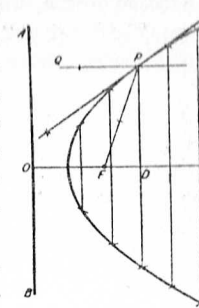
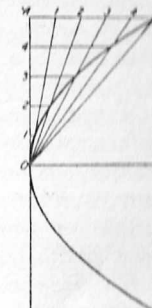
Quando são dados o foco F e a diretriz AB, Fig. 175, traça-se por F uma perpendicular a AB e por um ponto qualquer D, sobre o eixo, uma paralela a AB. Com a distância DO como raio e F como centro descreve-se um arco que intercepte a paralela, determinando o ponto P da curva e repete-se a operação tantas vezes quantas sejam necessárias.

Traçar uma tangente à parábola por um ponto qualquer P *da curva.* Traça-se PQ paralela ao eixo, e determina-se, a bissetriz do ângulo FPQ que será a tangente pedida.

Fig. 175 Fig. 176

Processo para o traçado da parábola

85. Parábola — Processo do retângulo. Comumente, quando ocorre o traçado de uma parábola, são conhecidas as dimensões do retângulo que a contém, isto é, as dimensões da corda perpendicular ao eixo e da parte do eixo compreendida entre a corda e o vértice da parábola (vão e flecha), como na Fig. 176. Divide-se OA e AB no mesmo número de partes iguais e pelas divisões de AB traçam-se linhas convergindo em O. As interseções destas linhas com as paralelas ao eixo, traçadas pelas divisões de OA, serão os pontos da curva.

86. Parábola — Processo das coordenadas. Dado o retângulo que a contém, Fig. 177, os pontos da parábola podem ser determinados, tomando-se as abscissas a partir da linha OA. Seus comprimentos correspondem aos quadrados de suas ordenadas. Assim, se OA for dividida em 4 partes, DD' será igual a $\frac{1}{16}$ de AA'; CC' (pois C, em relação a D, está a uma distância dupla de O) a $\frac{4}{16}$ de AA' e BB' a $\frac{9}{16}$ de AA'. Se AO tivesse sido dividida em 5 partes as relações seriam $\frac{1}{25}$, $\frac{4}{25}$, $\frac{9}{25}$, $\frac{16}{25}$, sendo o denominador em cada caso igual ao quadrado do número de divisões. Este é geralmente o processo empregado pelos engenheiros civis no traçado dos arcos parabólicos.

Fig. 177 Fig. 178

Processos para o traçado da parábola

87. Perfil parabólico. — Fig. 178. Este processo, que nos proporciona o traçado de uma curva agradável, é empregado nos projetos de máquinas. Divide-se OA e OB num mesmo número de partes iguais e numeram-se as divisões a partir de O e de B, ligando-se os números correspondentes. A curva tangente será parte de uma parábola, de eixo inclinado.

88. Hipérbole. — A hipérbole é uma curva plana gerada por um ponto que se move de modo a conservar constantes a diferença das distâncias deste ponto a dois pontos fixos, chamados focos. (Compare-se esta definição com a da elipse.)

Traçar uma hipérbole, dados os focos F_1, F_2 e o eixo transverso AB (diferença constante), Fig. 179. Com centro em F_1 e F_2 e com um raio qualquer, maior que F_1B, tal como F_1P, traçam-se arcos de circunferência. Com os mesmos centros e raio $F_1P - AB$ descrevem-se arcos que interceptam os primeiros. Estas interseções são pontos de curva. A *tangente a um ponto qualquer* P *da curva é a bissetriz do ângulo* F_1PF_2.

89. Hipérbole eqüilátera. — A hipérbole eqüilátera, referida às suas assíntotas, é uma das curvas de maior interesse prático para os engenheiros. Por intermédio dela pode-se representar graficamente a igualdade $pv = c$, que estabelece a relação entre os volumes ocupados por um gás ou vapor e as respectivas pressões.

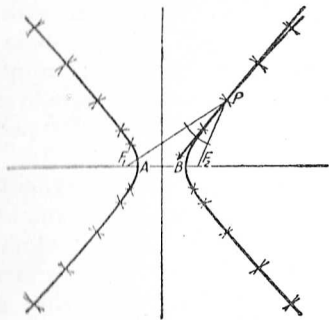



Fig. 179 — Hipérbole

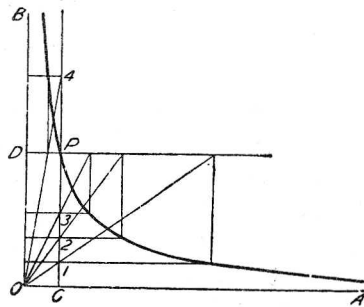



Fig. 180 — Hipérbole eqüilátera

Traçar a hipérbole eqüilátera. — Fig. 180. Sejam OA e OB as assíntotas da curva e P, um ponto da mesma (que poderia ser um ponto do diagrama do aparelho indicador). Traçam-se PC e PD e marca-se sobre PC um número qualquer de pontos 1, 2, 3 etc. e por eles se faz passar um conjunto de paralelas a OA e um feixe de linhas convergindo em O. Pelas interseções destas convergentes com o prolongamento de PD, baixam-se perpendiculares a OA. Os pontos de encontro dessas perpendiculares com as paralelas traçadas determinam os pontos da curva.

90. Ciclóide, epiciclóide e hipociclóide. A ciclóide é a curva gerada por um ponto de uma circunferência que rola, sem escorregar, sobre uma linha reta. Se êste círculo rolasse sobre a parte exterior de um outro círculo, a curva gerada seria a "epiciclóide". Se rolasse no seu interior

teríamos a "hipociclóide". Estas curvas são empregadas num dos tipos de traçado dos dentes de engrenagem.

Traçar uma ciclóide. — Fig. 181. Divide-se a circunferência móvel em um número conveniente de partes iguais (oito, por ex.) e transporta-se sobre a tangente AB o comprimento retificado da circunferência, assinalando-se as divisões. Traça-se pelo ponto C a linha dos centros CD e projetam-se aquelas divisões sobre esta linha levantando perpendiculares a AB e, com estes pontos como centros, descrevem-se circunferências representando as sucessivas posições do círculo móvel. Pelos pontos de divisão da circunferência original, tiram-se paralelas a AB que cortem as respectivas circunferências. As interseções assim determinadas serão os pontos da curva. A epiciclóide e hipociclóide podem ser traçadas semelhantemente, conforme ilustra a figura 182.

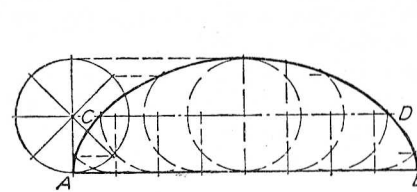



Fig. 181 — Ciclóide

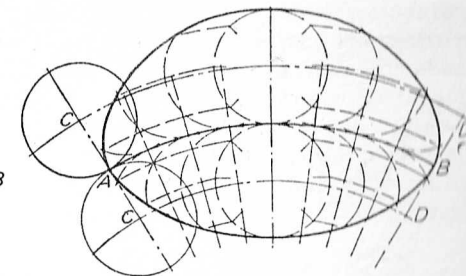



Fig. 182 — Epiciclóide e hipociclóide

91. Evolvente do círculo e falsas espirais. A evolvente e as falsas espirais podem ser consideradas como curvas geradas pela extremidade de um fio inextensível que se desenrola de uma circunferência ou polígono, conservando-se sempre teso. Assim a espiral relativa a qualquer polígono pode ser traçada pelo prolongamento de seus lados como na Fig. 183 e descrevendo-se, com os vértices do polígono como centros, arcos de circunferência que terminem no prolongamento desses lados. Para desenhar as espirais, aplicadas, por exemplo, nos desenhos de ferros curvos, é conveniente o emprego da espiral de quatro centros, ilustrada na Fig. 63.

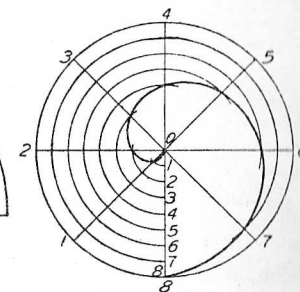
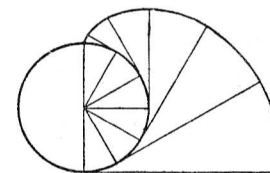
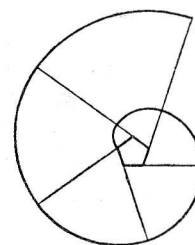



Fig. 183 — Espiral de 5 centros

Fig. 184 — Evolvente do círculo

Fig. 185 — Espiral de Arquimedes

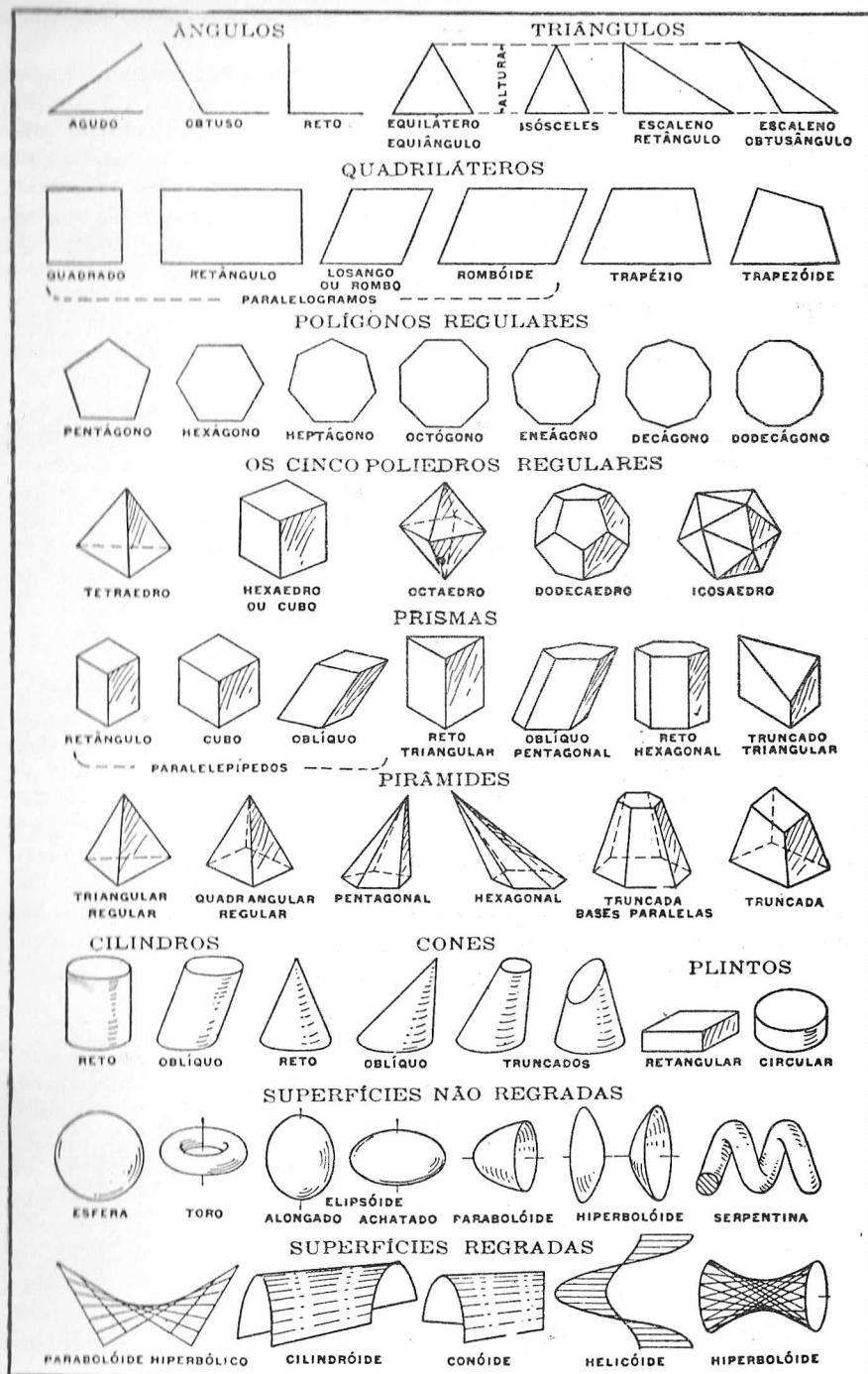



Fig. 186 — Figuras geométricas

Uma circunferência pode ser concebida como sendo um polígono de um número infinito de lados. Para traçar-se então, a evolvente de uma circunferência, Fig. 184, se a divide em um número conveniente de partes iguais, tiram-se as tangentes pelos pontos de divisão, mede-se nelas o comprimento do arco retificado entre o ponto de partida e o de tangência e ligam-se estes pontos por uma curva contínua. É evidente que a evolvente de uma circunferência é o caso limite da epiciclóide, quando o círculo móvel tiver um diâmetro infinito. A evolvente do círculo pode ser também tomada para o traçado dos dentes das engrenagens.

92. **Espiral de Arquimedes.** A espiral de Arquimedes é a curva plana gerada por um ponto que se move com movimento uniforme, sobre uma reta que, por sua vez, gira em torno de um ponto fixo com velocidade angular uniforme.

Para se traçar a parte de uma espiral de Arquimedes correspondente a uma variação angular de 4 retos, Fig. 185, se divide em um certo número de partes iguais, traçando-se e numerando os raios. Divide-se o raio *O*-8 em igual número de partes, numerando-as do centro para a periferia. Com centro em *O* descrevem-se arcos concêntricos que cortem os raios de número correspondente e traça-se uma curva que passe pelos pontos de interseção. A espiral de Arquimedes tem sua aplicação no caso do excêntrico de coração usado para transformar o movimento circular contínuo em movimento retilíneo alternado e uniforme.

EXERCÍCIOS

93. É necessário que, tanto nos desenhos como na solução gráfica dos problemas, os traçados sejam feitos com a máxima precisão. O lápis deve ser conservado bem apontado e se usarão traços finos. O ponto será determinado pela interseção de duas linhas e o comprimento de uma linha será indicado por dois pequenos traços que a cortem. Os problemas seguintes, a não ser quando for dito o contrário, estão proporcionados de modo a não ocupar um espaço maior que 5″ × 7″ (127 mm × 178 mm). Apenas um ou dois precisarão de uma folha de 8 ½″ × 11″ (216 mm × 279 mm), e dois a quatro utilizarão a folha de 11″ × 17″ (279 mm × 432 mm).

1. Dividir uma horizontal de 115 mm, traçada no centro da folha, em sete partes iguais, pelo processo da Fig. 130.

2. A uma distância de 25 mm da margem esquerda do espaço, traçar uma vertical de 92 mm. Dividi-la em partes proporcionais a 1, 3, 5 e 7.

3. Construir o polígono da Fig. 187, traçando uma horizontal *AK* de comprimento indefinido e 15 mm acima da margem inferior da folha. A partir de *A*, traçar e medir *AB*. Proceder analogamente para os lados restantes. Todos os ângulos podem ser obtidos pela combinação adequada dos esquadros. Vejam-se as Figs. 21 e 22.

4. Traçar uma reta inclinada de 15° em relação à horizontal e tendo esta linha por base, copiar o polígono da Fig. 187.

5. Desenhar a gaxeta da Fig. 188 na posição indicada.

6. Desenhar a gaxeta da Fig. 188, de modo que os seus dois lados paralelos fiquem horizontais.

7. Traçar um hexágono regular de modo que a distância entre os vértices opostos seja de 10 cm.

8. Traçar um hexágono regular cujo diâmetro da circunferência inscrita seja de 8,5 cm.

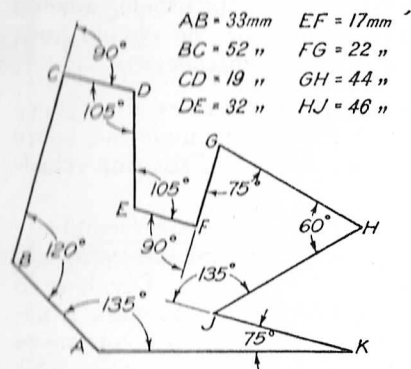



Fig. 187 — Polígono irregular

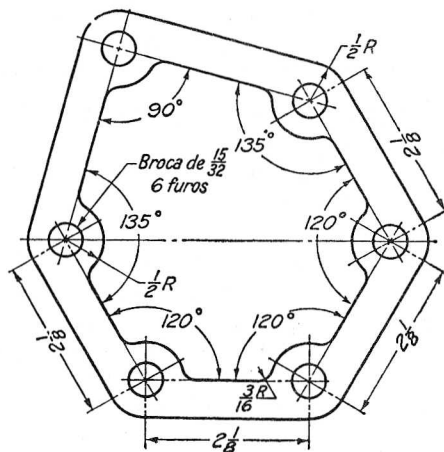



Fig. 188 — Gaxeta

9. Traçar um dodecágono cujo diâmetro da circunferência inscrita meça 8,5 cm.

10. Construir uma curva reversa unindo duas retas paralelas AB e AC como na Fig. 155, e fazendo $X = 10$ cm, $Y = 6,5$ cm e $BE = 7,5$ cm. Sendo ela o eixo de um vergalhão de $1\frac{1}{4}''$ de diâmetro, desenhá-lo.

11. Desenhar um cano recurvado com os dados da Fig. 189.

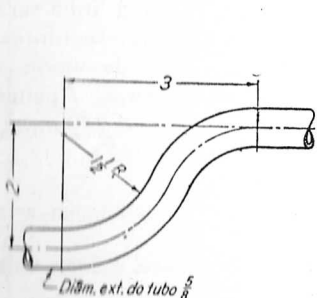



Fig. 189 — Cano curvo

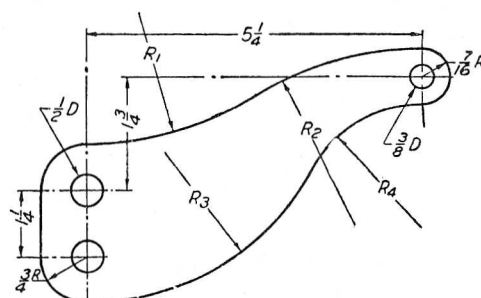



Fig. 190 — Suporte

12. Desenhar o perfil do suporte da Fig. 190. Na parte superior, os raios R_1 e R_2 são iguais e na inferior o raio R_3 é duas vezes maior que R_4.

13. Com um raio de 8,5 cm e com um centro a 1,3 cm abaixo e 4 cm à direita do canto superior esquerdo, traçar um arco de circunferência. Determinar graficamente o comprimento do arco que corresponde ao ângulo de 60° e comparar o resultado com o comprimento determinado pelo cálculo.

EXERCÍCIOS SOBRE TANGENTES

Esta série de exercícios tem por fim obter uma rigorosa precisão no traçado dos pontos de tangência. Preliminarmente, devem ser lidos com a máxima atenção os parágrafos de 63 a 69. Os centros de todos os arcos de circunferência serão determinados geometricamente. Usando-se o nanquim, só se o emprega nos contornos e nos eixos de simetria.

14. A *gaxeta* da Fig. 191 tem as seguintes dimensões: diâmetro exterior, 10 cm; diâmetro interior, 7 cm; os dois furos de ¾″ distam entre si, de centro a centro, 12,5 cm. As duas saliências têm o raio de 2 cm e as quatro concordâncias têm o raio de 2,5 cm. Os pontos de tangência devem ser marcados a lápis como na Fig. 153.

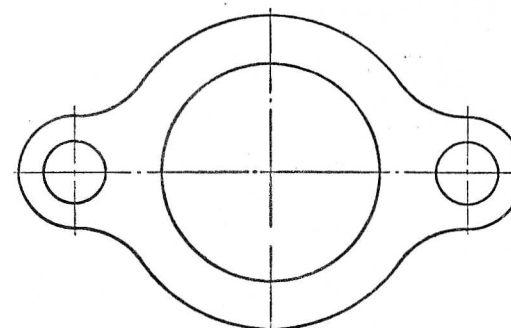



Fig. 191 — Gaxeta

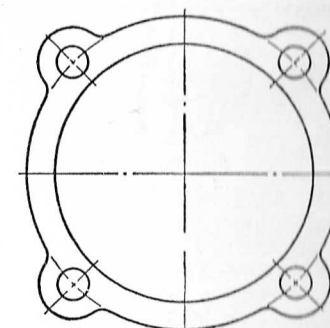



Fig. 192 — Calço

15. Desenhar o *calço* da Fig. 192, com as seguintes dimensões: diâmetro exterior, 10 cm; diâmetro interior, 8 cm; quatro furos de 13/32″, saliências com 1,1 cm de raio e oito concordâncias de 5 mm de raio. Tracar os eixos de simetria e sobre eles medir os raios correspondentes aos diâmetros dados. Depois indicá-los no desenho. Todos os pontos de tangência devem ser assinalados como na Fig. 153.

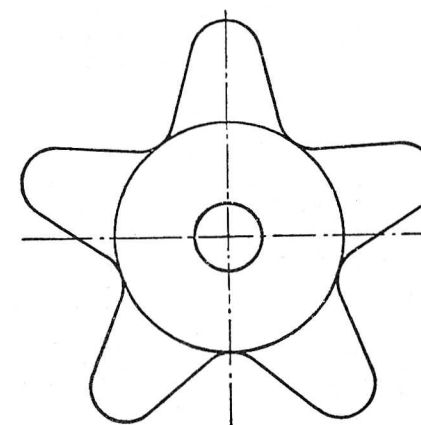



Fig. 193 — Manípulo

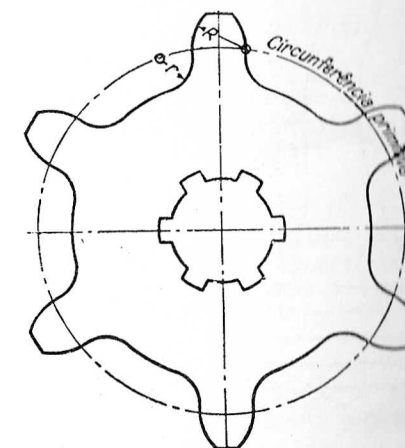



Fig. 194 — Roda dentada

16. Vista de frente de um *manipulo*, Fig. 193. Raio da circunferência circunscrita, 6 cm; diâmetro do corpo, 6,3 cm; diâmetro do furo ¾" (1,9 cm); raio das pontas, 0,95 cm; raio das concordâncias, 0,95 cm. Ao desenhá-la, marcar a lápis os pontos de tangência.

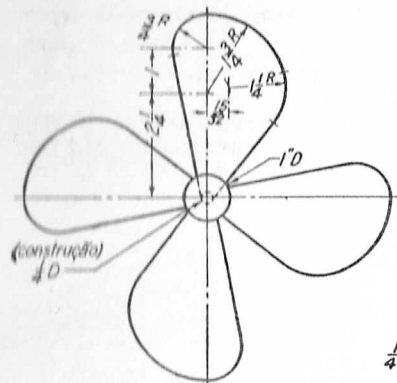



Fig. 195 — Ventilador

Fig. 196 — Placa de nível

17. A figura 194 representa a vista de frente de uma *roda dentada* com as seguintes dimensões: diâmetro exterior 4 ¾" (12,05 cm); diâmetro da circunferência primitivo, 4" (10,15 cm); diâmetro da circunferência interior, 3 ¼ (8,25 cm); furo central 1 ¼" (3,2 cm); espessura do dente na circunferência primitiva, 9,16" (1,4 cm); ranhuras do furo central: largura ¼" (6,3 cm), profundidade ⅛" (3,2 cm). Os pontos de tangência devem ser assinalados a lápis.

18. Vista de frente dum *ventilador*, Fig. 195. Desenhá-lo em tamanho natural conforme dimensões dadas (num espaço de 228 mm × 228 mm).

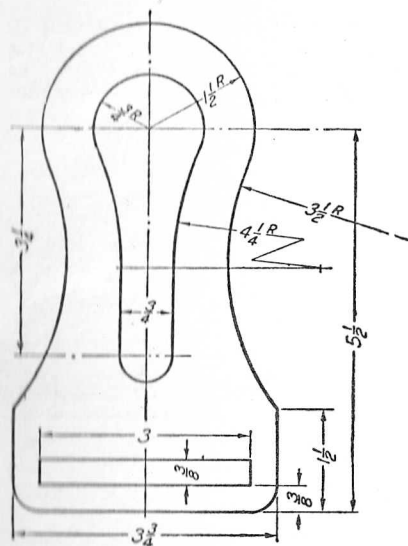
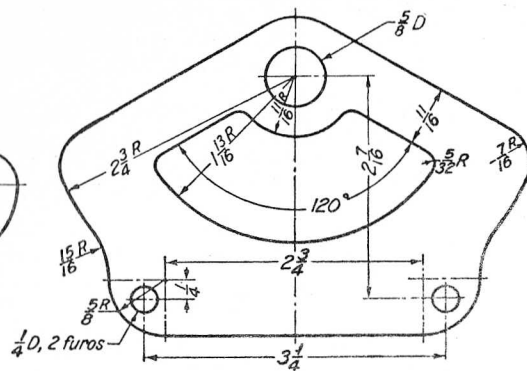



Fig. 197 — Olhal

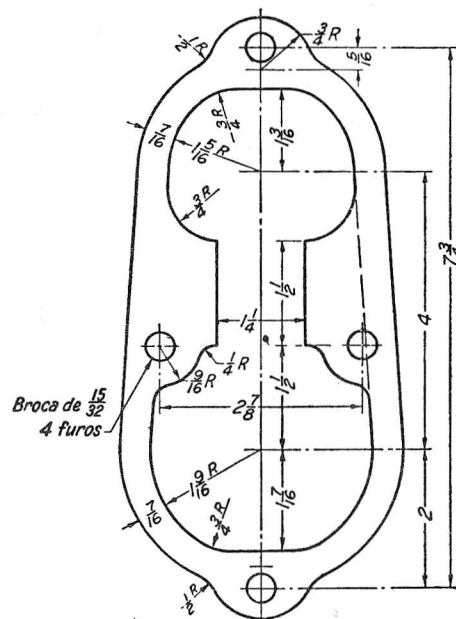



Fig. 198 — Peça estampada

19. Vista de frente de uma *placa de nível*, Fig. 196. Desenhá-la em tamanho natural.

20. Vista de frente de um *olhal*, Fig. 197. Desenhá-lo com as dimensões dadas (num espaço de 127 mm × 203 mm).

21. Vista de frente de uma, *peça estampada*, Fig. 198. Desenhá-la conforme dimensões dadas (espaço de 127 mm × 228 mm).

22. Vista de frente de um *excêntrico*, Fig. 199.

23. Vista de frente indicando o traçado de uma *base metálica de ventilador*, Fig. 200. A curva do perfil é uma parábola. Consultar a Fig. 178.

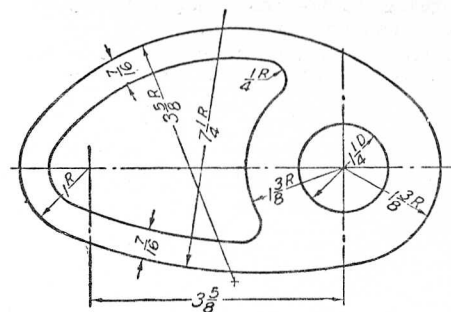



Fig. 199 — Excêntrico

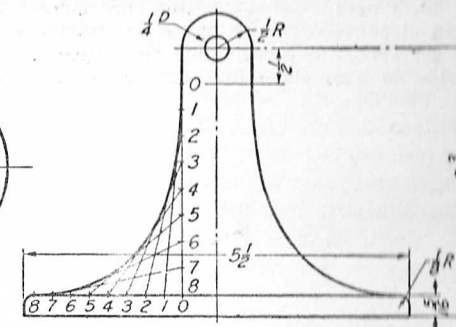



Fig. 200 — Suporte de ventilador

EXERCÍCIOS SOBRE CURVAS

Ao construir-se uma curva, o número de pontos a determinar dependerá de seu tamanho e do grau de variação do raio de curvatura. As linhas de curvatura acentuada exigem a localização de um número maior de pontos. Na maioria dos problemas seguintes, o afastamento médio entre eles será de 6 mm.

24. Traçar uma elipse com o eixo maior de 11,5 cm e o menor de 7,5 cm, empregando o processo da tira de papel, explicado no parágrafo 76.

25. Traçar uma elipse tendo o eixo maior 12 cm e o menor 4 cm, empregando o processo das circunferências concêntricas, exposto no parágrafo 79.

26. Traçar uma elipse cujo eixo maior é de 10 cm, estando um de seus pontos situado a 3,8 cm à esquerda do eixo menor e a 2,2 cm acima do eixo maior.

27. Traçar uma elipse cujo eixo menor mede 5,5 cm e a distância entre os focos é de 8,3 cm. Traçar a tangente pelo ponto da curva situada a 3,5 cm à direita do eixo menor.

28. Traçar uma elipse cujo eixo maior mede 10 cm. A sua tangente intercepta o eixo menor a 4,5 cm do centro sob um ângulo de 60°.

29. Traçar um arco de cinco centros, com um vão de 13 cm e uma flecha de 5 cm. Veja-se o parágrafo 82.

30. Traçar uma elipse cujos diâmetros conjugados medem 12 cm e 7 cm e fazem entre si um ângulo de 75°. Determinar o eixo maior e menor.

31. Traçar os eixos, maior e menor, de uma elipse cujos diâmetros conjugados fazem entre si um ângulo de 60°, sendo um horizontal de 16 cm e o outro de 8 cm.

32. Traçar uma parábola de eixo vertical, num retângulo de 10 cm × 5 cm.

33. Traçar um arco parabólico de 15 cm de vão e 6,5 cm de flecha pelo processo das coordenadas, dividindo a metade do vão em 8 partes iguais.

34. Traçar uma parábola eqüilátera passando por um ponto *P* que diste 1,3 cm de *OB* e 6,4 cm de *OA*. As letras de referência correspondem às da Fig. 180.

85. Traçar duas voltas de uma espiral de 5 centros cujo diâmetro da circunferência circunscrita é de 1,25 cm.

86. Traçar meia-volta da evolvente de um círculo de 8,2 cm de diâmetro e cujo centro está a 2,5 cm da margem esquerda. Calcular o comprimento da última tangente e comparar com o desenhado.

87. Traçar uma espiral de Arquimedes fazendo uma volta, num círculo de 10 cm de diâmetro.

88. Traçar uma ciclóide cujo círculo móvel tem 5 cm de diâmetro, usando doze divisões.

89. Traçar uma epiciclóide cujo círculo móvel de 5 cm de diâmetro rola sobre uma circunferência de 38 cm de diâmetro, utilizando doze divisões.

90. Traçar a hipociclóide cujo círculo móvel de 5 cm de diâmetro rola no interior de uma circunferência de 38 cm de diâmetro, empregando 12 divisões.

CAPÍTULO VI

TEORIA ELEMENTAR DO DESENHO PROJETIVO

94. Os capítulos precedentes trataram dos assuntos que servem de introdução ao estudo do desenho técnico. No Cap. I tivemos a atenção voltada para a diferença existente entre as representações de um objeto, executadas pelo artista, que exprime certas impressões ou emoções, e pelo engenheiro, que fornece dados. A totalidade dos dados fornecidos pelo engenheiro inclui a representação da *forma* do objeto e a indicação do *tamanho* de cada um de seus detalhes. Neste capítulo nos cingiremos aos diferentes meios de representação da *forma.*

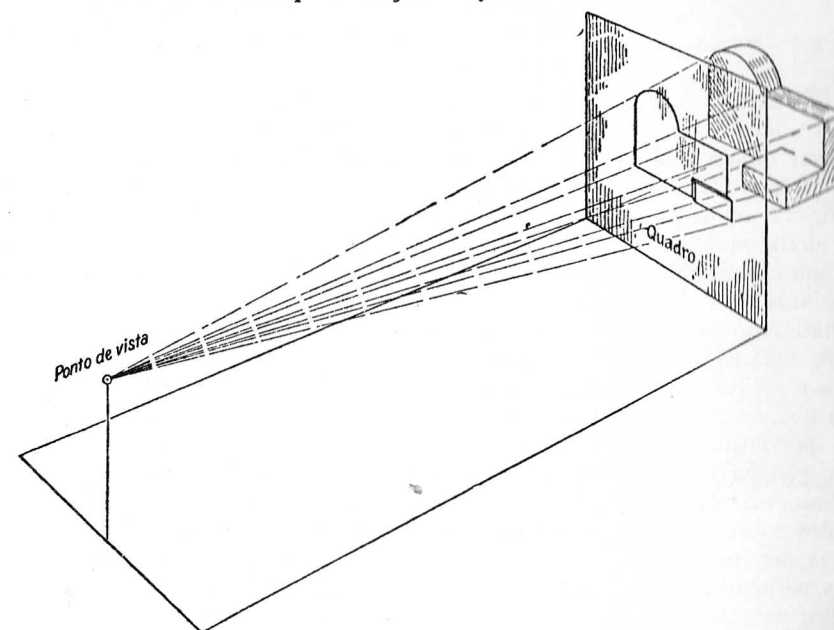



Fig. 201 — Perspectiva exata (projeção cônica)

Quando se olha um objeto de um ponto de vista qualquer, tem-se, em geral, uma idéia clara de sua forma porque: (1.º) se vê quase sempre mais de um lado; (2.º) os efeitos de luz e sombra revelam-nos algo de sua configuração; e (3.º) sendo olhado com ambos os olhos o efeito estereoscópico auxilia-nos na apreensão das formas e dimensões. No desenho técnico este

terceiro ponto nunca é considerado, pois o objeto é representado como se fosse visto por um só olho; quanto aos efeitos de luz e sombra, só são representados em alguns casos especiais. Em geral, ocupar-nos-emos unicamente com a representação das linhas que caracterizam o objeto.

Se imaginarmos um plano transparente colocado entre o objeto e o ponto em que se acha o olho do observador, Fig. 201, a interseção deste plano com os raios visuais, que vão do observador a todos os pontos do objeto, dar-nos-á uma figura que será praticamente a mesma que a formada no olho do observador. Os desenhos feitos segundo este princípio pertencem ao domínio da perspectiva e constituem a base de todo trabalho artístico. Do ponto de vista técnico, são usados principalmente pelos arquitetos, na elaboração dos esboços preliminares para uso pessoal, quando estudam os problemas do projeto, e para mostrar ao cliente a aparência final do edifício projetado. São inteiramente inadequados no caso de desenhos para execução porque mostram os objetos como são vistos e não como realmente são.

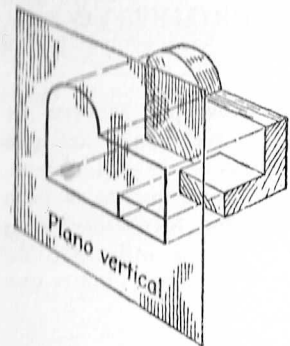



Fig. 202 — Projeção ortogonal

95. Se o observador imaginar-se afastando-se cada vez mais do quadro até atingir teoricamente uma distância infinita, os raios visuais que vão do seu olho ao objeto crescerão sempre mais, acabando por tornarem-se de comprimento infinito, paralelos entre si e perpendiculares ao quadro. A figura assim formada no quadro é o que se chama projeção ortogonal. Se abandonarmos agora a parte dos raios que vai do quadro ao infinito, a figura pode ser concebida como o resultado da interseção das perpendiculares baixadas de todos os pontos do objeto sobre o plano, Fig. 202. A figura ou projeção sobre o plano vertical, tem evidentemente a mesma *largura* e *altura* que o próprio objeto, mas não nos revela a sua *profundidade*, sendo, portanto, necessária mais de uma projeção para a completa representação do objeto. Na projeção ortogonal, os planos sobre os quais se projetam as figuras denominam-se *planos de projeção* e as perpendiculares que projetam as figuras, *projetantes*.

Fig. 203 — Os planos de projeção

Se imaginarmos um outro plano transparente colocado horizontalmente sobre o objeto, como na Fig. 203, a projeção sobre este plano, obtida pelas perpendiculares baixadas do objeto sobre o mesmo, dar-nos-á a aparência do objeto como se ele fosse visto diretamente de cima e indicará a largura e profundidade exatas. Se este plano

horizontal for rebatido sobre o vertical como na Fig. 204, as duas projeções do objeto ficarão no mesmo plano como numa folha de papel. Embora representadas sobre um mesmo plano, as projeções reproduzirão,

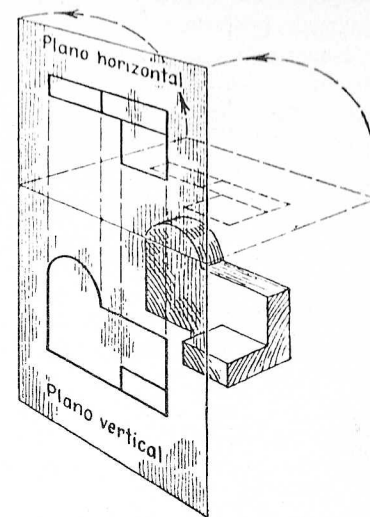



Fig. 204 — Rebatimento do plano horizontal

exatamente, a forma tridimensional do objeto. Podemos ainda imaginar um terceiro plano, chamado plano de perfil, perpendicular aos dois primeiros, Fig. 205, e projetar sobre ele uma terceira vista do objeto. Esta dar-nos-á a grandeza real da altura e profundidade do objeto. O plano

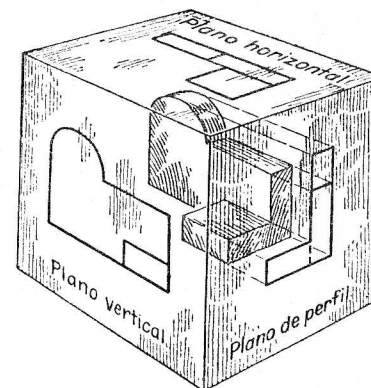



Fig. 205 — O plano de perfil

horizontal e o de perfil aparecem rebatidos sobre o plano vertical (imaginado outra vez como sendo o do papel) na Fig. 206. A maneira prática de desenhar de acordo com este sistema será explanada no próximo capítulo.

Olhando estas projeções ou vistas, o observador não as deve considerar como figuras traçadas sobre os planos transparentes, mas como se estivesse observando através do plano transparente o próprio objeto.

96. **Definição.** Do ponto de vista teórico, e num sentido amplo, qualquer projeção isolada, cujas projetantes forem perpendiculares ao plano de projeção, pode ser considerada como projeção ortogonal. Entretanto, o uso freqüente e o consenso unânime consideram-na, todavia, como a combinação de duas ou mais vistas, daí a definição seguinte: ***Projeção ortogonal*** *é o método de representar a forma exata do objeto por meio de duas ou mais projeções sobre planos que geralmente se encontram segundo ângulos retos, baixando-se perpendiculares do objeto aos planos.*

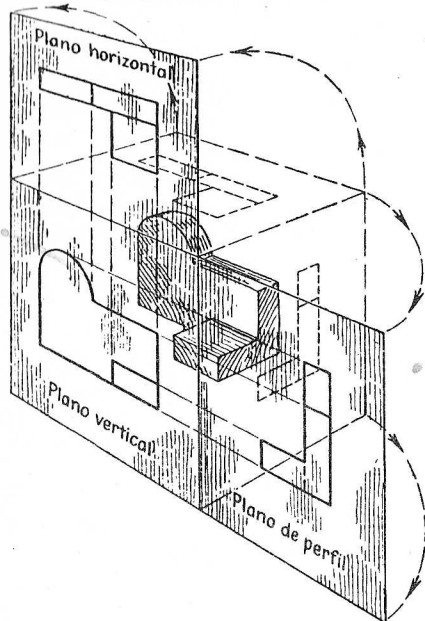



Fig. 206 — Rebatimento do plano de perfil

97. **Projeções no primeiro diedro.** O método ortogonal de projeção, exposto neste capítulo, é conhecido como "método norte-americano de projeção"(1). É o processo oficial indicado pelas normas norte-americanas e o único empregado nos Estados Unidos e Canadá.

Considerando-se os planos de projeção horizontal e vertical prolongados além de sua interseção, quatro ângulos diedros serão formados, os quais se denominam, pela ordem, "1.º", "2.º", "3.º" e "4.º" diedros, numerados conforme ilustra a Fig. 207. Teoricamente, o objeto pode ser colocado em qualquer um dos quatro diedros e projetado sobre os planos que são então rebatidos em torno de sua interseção. Na prática, o 2.º e 4.º diedros não são utilizados, restando-nos pois o 1.º e 3.º. Se o objeto for colocado no *1.º diedro,* projetado sobre os três planos e dois destes

(1) N. do T.: As projeções são feitas no 3.º diedro.

rebatidos sobre o terceiro, a vista superior ou planta ficará evidentemente abaixo da vista de frente (1) e, empregando-se o plano de perfil, a vista lateral esquerda ficará colocada à direita da vista de frente. O método de projeção utilizando o 1.º diedro (2), já empregado universalmente foi

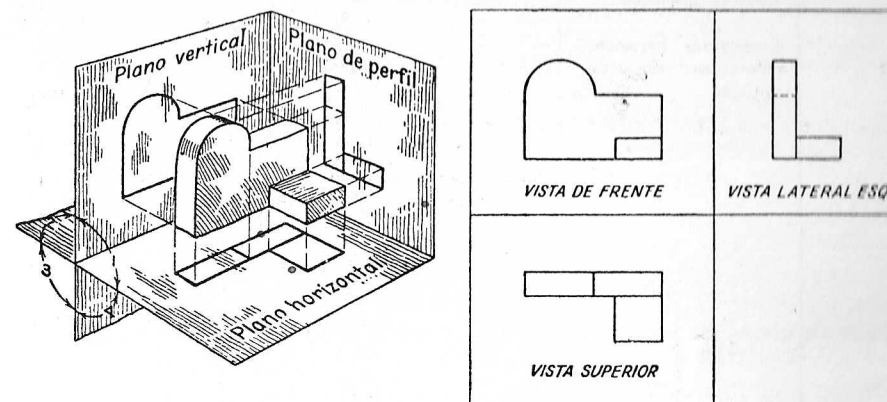



Fig. 207 — Emprego do primeiro diedro

abandonado nos Estados Unidos há cerca de 50 anos. O estudante precisa, todavia, compreendê-lo e identificá-lo porque pode ser ocasionalmente encontrado em desenhos e ilustrações antigas ou em trabalhos provenientes de outros países. A má leitura dos desenhos, executados por competentes engenheiros estrangeiros, conforme o método alemão de representação, provocou já polêmicas, causou confusões e em alguns casos deu origem a enganos dispendiosos.

98. **Sistemas de projeção sobre um só plano.** Se o objeto, em vez de ser colocado com uma das faces paralela ao plano vertical, girar de um certo ângulo, inclinando-se depois para a frente, de modo que suas três faces sejam vistas, obteremos uma modalidade especial de projeção ortogonal, conhecida como perspectiva axonométrica. Ela se subdivide em isométrica, dimétrica e trimétrica, conforme se explica no capítulo XX.

A perspectiva cavaleira é uma outra subdivisão dos sistemas de projeção, onde as projetantes, paralelas entre si, formam com o plano de projeção um ângulo diferente de 90º.

As perspectivas axonométrica e cavaleira, assim como a perspectiva exata, constituem sistema de representação dos objetos sobre um só plano, o que as distingue das projeções ortogonais comuns, nas quais são necessários pelo menos dois planos para indicar as três dimensões do objeto. A classificação dos diferentes sistemas de projeção está indicada no esquema da página seguinte onde se faz referência às páginas do texto.

Os sistemas de projeção, relativos aos numerosos e interessantes processos de representação da superfície curva da terra sobre um só plano, não estão incluídos no esquema acima indicado.

1) N. do T.: Também chamada elevação.
2) N. do T.: Conhecido como método alemão de projeção.

PROJEÇÕES

- **Projeção ortogonal** — Projetantes perpendiculares aos planos de projeção
  - **Projeções ortogonais comuns** (Dois ou mais planos)
    - **Desenhos com duas vistas**
    - **Desenhos com três vistas**
    - **Desenhos com vistas auxiliares.** *Pág. 132.*
  - **Perspectiva axonométrica** (Um só plano)
    - **Perspectiva isométrica** — Os três eixos fazem ângulos iguais com o plano de projeção. *Pág. 426.*
    - **Perspectiva dimétrica** — Dois dos três eixos fazem ângulos iguais com o plano de projeção. *Pág. 433.*
    - **Perspectiva trimétrica** — Os três eixos fazem ângulos desiguais com o plano de projeção. *Pág. 434.*
- **Projeção oblíqua** — Projetantes inclinadas em relação ao plano de projeção
  - **Perspectiva cavaleira** (Um só plano)
    - **Cavalier projection** — Dois eixos paralelos ao plano de projeção; projetantes fazendo ângulos de 45° com o mesmo e com direção qualquer. *Pág. 434.*
    - **Cabinet projection** — Dois eixos paralelos ao plano de projeção; projetantes fazendo ângulos de 63°25', aproximadamente, com o mesmo. *Pág. 438.*
    - Inclinações diversas do eixo perpendicular ao plano de projeção. *Pág. 435.*
    - **Projeção clinográfica** — Objeto girado de um ângulo cuja tangente é $\frac{1}{3}$. Projetantes formando ângulos cujas tangentes são iguais a $\frac{1}{6}$. Perspectiva absoleta, empregada antigamente em cristalografia .
- **Projeção cônica** — Projetantes convergentes
  - **Perspectiva exata** (Um só plano)
    - **Perspectivas de frente** — Objeto com uma face paralela ao quadro. *Pág. 461.*
    - **Perspectiva oblíqua** — Duas faces do objeto inclinadas em relação ao quadro. *Pág. 462.*
    - **Perspectiva de objeto em posição qualquer** — As três faces do objeto inclinadas em relação ao quadro. (Raramente usada.)

CAPÍTULO VII

PROJEÇÕES ORTOGONAIS

99. Todo o objeto, desde a peça mais simples à estrutura mais complicada, tem três dimensões. O problema do desenho técnico consiste em reproduzir a forma exata de um corpo, com suas três dimensões, sobre uma folha de papel que só possui duas. Para se obter isto, foi o método das projeções ortogonais decomposto em partes, como já vimos no capítulo precedente. Praticamente, isto significa que o desenho é constituído de um conjunto de projeções do objeto, tomadas separadamente por um observador que se coloca em diferentes posições, dispondo as projeções de acordo com suas relações recíprocas. Cada uma delas nos mostra duas das três

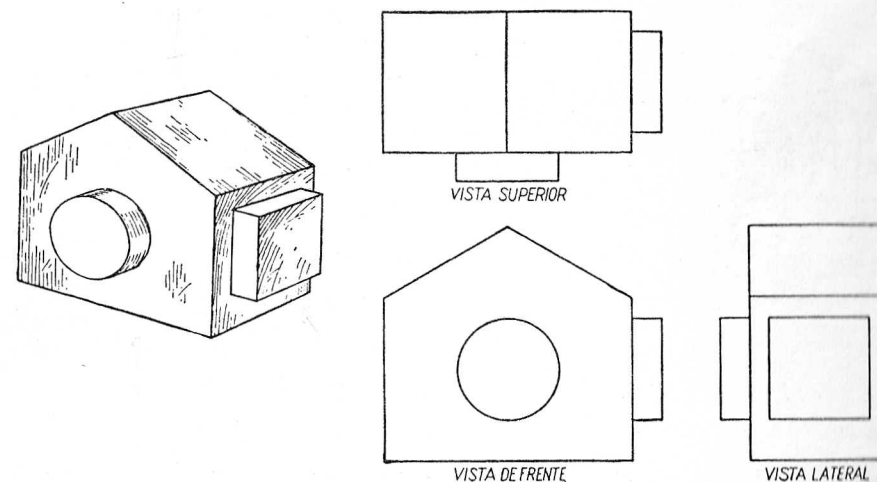



Fig. 208 — Peça com suas três vistas

dimensões da peça, sendo, portanto, preciso para a completa representação das suas três dimensões, a combinação de duas ou três projeções. Se o observador, como mostra a Fig. 208, se imaginar diante do objeto (teoricamente, a uma distância infinita; praticamente, a uma distância razoável que possibilite a visão do objeto e ao mesmo tempo torne admissível a hipótese de serem paralelos os raios visuais que partem dos diversos pontos do objeto para o ôlho do observador), a *vista de frente* ou *elevação* ficaria determinada. Esta projeção nos dá a largura e a altura

da peça, mas não dá a sua profundidade (distância entre as faces anterior e posterior), nem diz o que o círculo representa. Em seguida sem mover o objeto, o observador mudará a sua posição para cima, a fim de observá-lo diretamente de cima para baixo; verá, então, a *vista superior* (¹) que nos dá a largura e a profundidade da peça e mostra que o círculo da vista de frente representa um pequeno cilindro saliente.

É preciso ter-se uma outra projeção para revelar a forma da parte saliente do lado direito do objeto, uma vez que ela não pode ser determinada somente pelas vistas superior e de frente. A *vista lateral direita,* obtida pela observação direta do lado direito do objeto, mostra que a parte saliente deste lado é quadrada. Estas três projeções dispostas em suas posições relativas naturais, com a planta acima da vista de frente e ao lado desta a vista lateral, representam completamente o objeto.

Observe-se que, *na planta e na vista lateral, a frente da peça sempre está voltada para a elevação* (²).

100. "A Caixa de Vidro". Pela teoria exposta no cap. VI, o objeto a desenhar deve ser imaginado dentro de uma caixa de faces transparentes (com dobradiças nas arestas), através da qual ele possa ser visto como na Fig. 209. As projeções sobre suas faces, feitas por perpendiculares

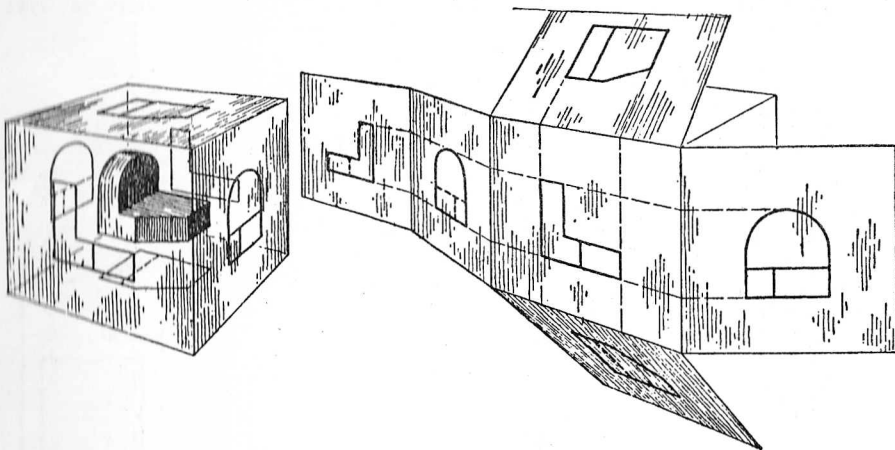



Fig. 209 — A caixa de vidro

Fig. 210 — Rebatimento das faces da caixa

baixadas sobre elas dos diversos pontos do objeto, é o que se observaria olhando-o diretamente de frente, de trás, de cima e de baixo, da direita e da esquerda.

Imaginemos, agora, que estas faces da caixa girem em torno de suas arestas, como mostra a Fig. 210, de modo a ficarem todas em um só plano, o plano do papel. A projeção sobre a face vertical anterior chamar-se-á *vista de frente* ou *elevação,* sobre a face horizontal superior, *vista superior* ou *planta,* e sobre as faces laterais, *vistas laterais.*

(1) ou planta.
(2) N. do T.: No nosso sistema de projeção, acontece justamente o contrário.

Somente em casos muito raros, quando é necessário ressaltar certos detalhes de forma ou construção, empregam-se as *vistas inferior* e *posterior,* tomadas com o observador colocado abaixo ou atrás do objeto.

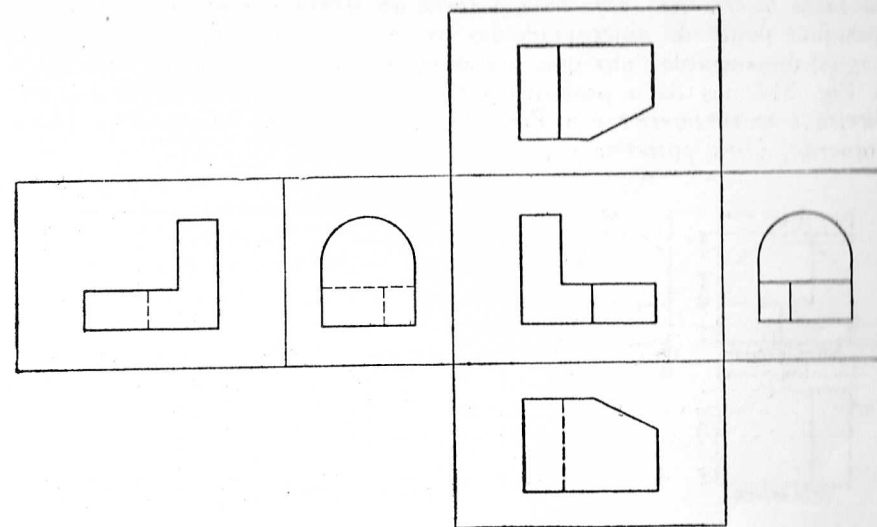



Fig. 211 — Posição relativa das seis vistas

A Fig. 211 mostra a posição relativa das seis vistas conforme estabelece a "American Standards Association".

Na prática é muito raro o emprego das seis vistas acima indicadas, mas qualquer que seja o número delas, a sua posição relativa é sempre a dada na Fig. 211.(¹) A combinação das vistas *superior, de frente* e *lateral direita,* é a mais empregada, e foi escolhida, dentre as seis como

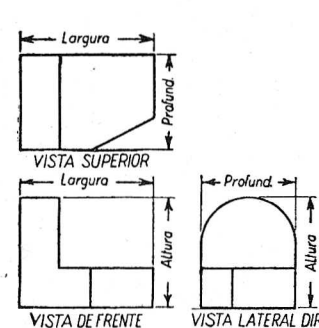



Fig. 212 — Três vistas

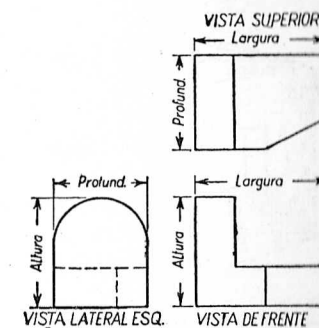



Fig. 213 — Três vistas

a que melhor representa, neste caso, a forma do objeto considerado. Algumas vezes a vista lateral esquerda mostra melhor o objeto do que a di-

(1) N. do T.: Vide norma brasileira, que estabelece disposição diferente.

reita. A Fig. 213 nos dá a disposição da *vista superior, vista de frente* e *vista lateral esquerda* (no caso, a vista lateral direita seria preferível por não ter linhas ocultas). Observe de novo que a *face anterior do objeto na vista lateral fica adjacente à vista de frente* e que as projeções de qualquer ponto do objeto tomadas na vista lateral e na planta, estarão a igual distância da linha que, nestas vistas, representa a frente do objeto. A Fig. 214 nos dá a posição relativa da *vista de frente, vista lateral direita* e *vista inferior* e a Fig. 215, a da *vista de frente, vista lateral esquerda, vista posterior* e *vista superior.*

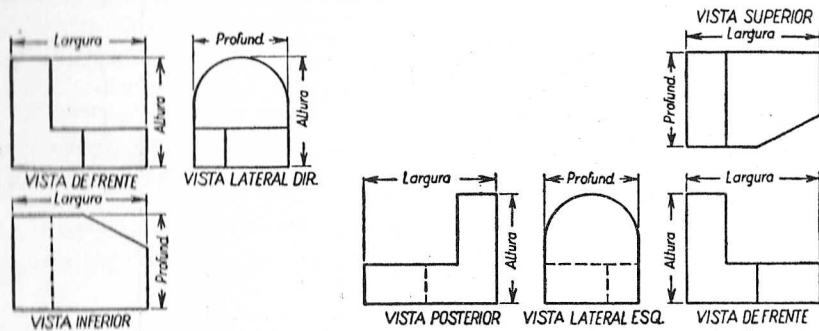



Fig. 214 — Três vistas

Fig. 215 — Posição da vista posterior

101. Segunda disposição. Pode-se admitir que as dobradiças das arestas da caixa de vidro, em lugar de estarem na face da frente, estejam na de cima, como mostra a Fig. 216, ficando as vistas laterais em linha com a planta. Esta segunda disposição é empregada na representação de objetos largos e achatados, a fim de economizar espaço no papel, sendo de uso freqüente no desenho a três vistas, de aviões.

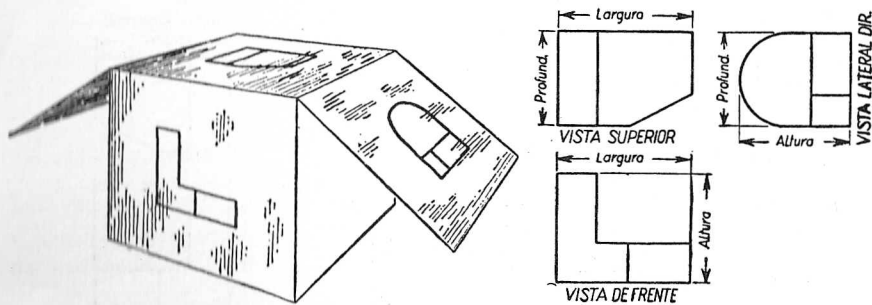



Fig. 216 — Vistas laterais (segunda disposição)

Fig. 217 — Vista lateral de acordo com a segunda disposição

102. Identificação dos pontos principais do objeto. Na identificação das vistas com o objeto ou sua perspectiva, a colocação de letras ou números em seus vértices e nos pontos correspondentes de cada projeção, facilitará muito sua compreensão pelo principiante, tal como mostra a

Fig. 218. Os pontos ocultos que ficarem atrás dos pontos visíveis terão nas vistas suas letras correspondentes, colocadas à direita das letras do ponto visto e, na Fig. 218, eles são ainda diferenciados pelo emprego de letras cheias e pontilhadas.

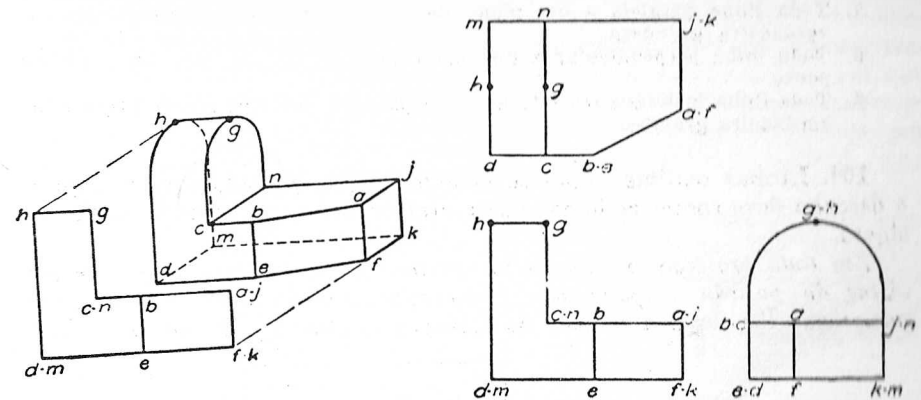



Fig. 218 — Identificação dos pontos principais do objeto

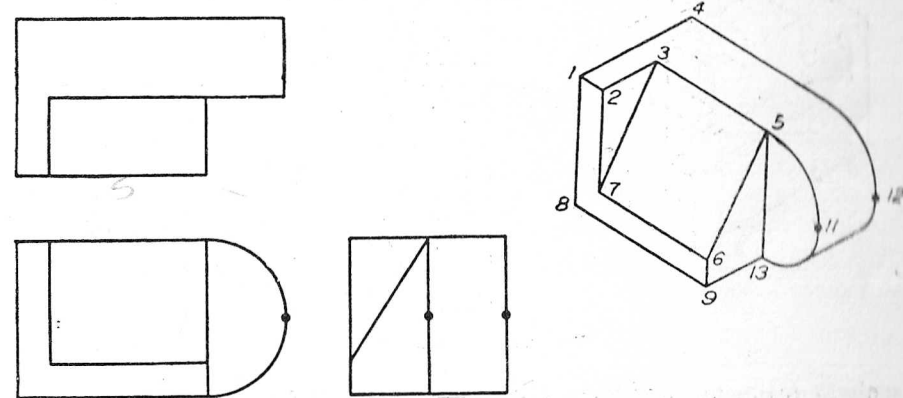



Fig. 219 — Exercício para estudo das projeções

103. Conclusões. Do estudo precedente podem ser tiradas as seguintes conclusões:

1. A vista superior encontra-se diretamente acima da vista de frente.
2. As vistas laterais estão sempre em linha horizontal, ou com a vista de frente, ou com a vista superior.
3. As profundidades representadas na vista lateral são absolutamente idênticas às da vista superior (sendo perpendiculares às linhas que representam as faces anterior e posterior do objeto).
4. Toda superfície paralela a um plano de projeção projeta-se em verdadeira grandeza.
5. Toda superfície perpendicular a um plano de projeção projeta-se neste plano segundo uma linha.

6. **Toda superfície inclinada em relação a um plano de projeção não se projeta em verdadeira grandeza, apresentando-se com dimensões reduzidas.**

Analogamente:

7. **Toda linha paralela a um plano de projeção projeta-se neste plano em verdadeira grandeza.**
8. **Toda linha perpendicular a um plano de projeção projeta-se segundo um ponto.**
9. **Toda linha inclinada em relação a um plano de projeção não se projeta em verdadeira grandeza.**

104. Linhas ocultas. Para se caracterizar completamente um objeto, o desenho deve conter as linhas que representam os contornos e arestas do objeto.

Em toda projeção existem certas partes do objeto que não podem ser vistas da posição ocupada pelo observador, porque estão ocultas pelas partes que lhe ficam à frente. As arestas e contornos das partes ocultas,

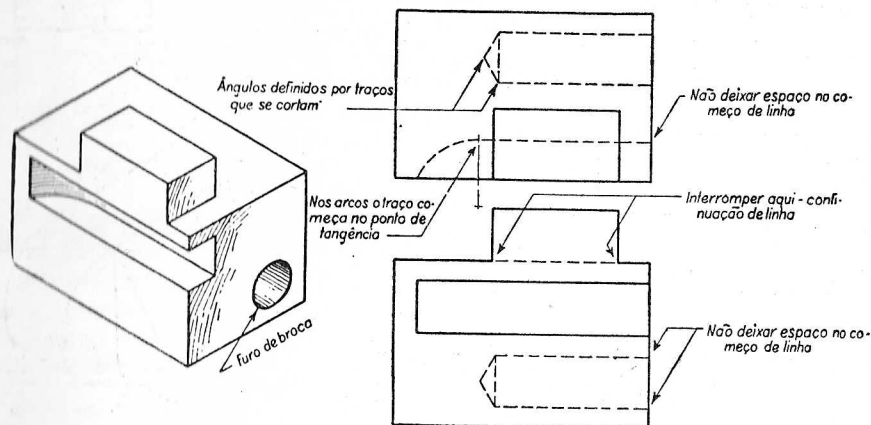



Fig. 220 — Linhas ocultas

embora realmente invisíveis, são representados por linhas constituídas de pequenos traços, também denominadas pelos desenhistas de linhas interrompidas. Na Fig. 220 o orifício da broca, visível do lado direito, não é visto de cima nem de frente, e, por isso, é representado pela linha interrompida que mostra a profundidade do orifício e a forma do fundo deixada pela ponta da broca. A ranhura fresada é visível da frente e do lado, mas não aparece quando olhada de cima.

O pricipiante deve ter muito cuidado na execução destas linhas ocultas.

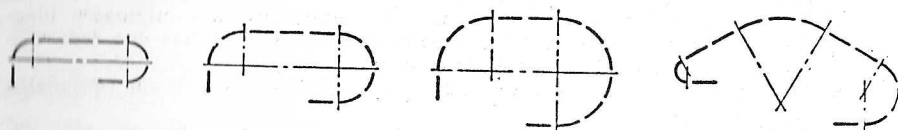



Fig. 221 — Arcos não visíveis

Quando traçadas sem capricho não só estragam a aparência do desenho como tornam muito mais difícil a sua interpretação. A linha interrompida é constituída de pequenos traços de comprimento uniforme, mais finos que a linha cheia, deixando entre eles um espaço menor que a metade de seu comprimento. É importante que a linha interrompida seja começada e terminada corretamente. Essa linha sempre principia por um traço, exceto quando ela é a continuação de uma linha cheia, caso em que deve ser deixado um espaço como se vê na Fig. 220. Os traços interrompidos sempre se encontram nos cantos. Um arco sempre começa por um traço no ponto de tangência, exceto quando é a continuação de uma linha cheia, reta ou curva.

No caso de uma curva, conforme seu tamanho, pode ser feita com um ou mais traços. Consulte-se a Fig. 221. Em quaisquer das vistas uma linha oculta não será indicada, quando estiver diretamente atrás de uma linha cheia.

Estudem-se cuidadosamente todas as linhas ocultas das Figs. 220 e 222.

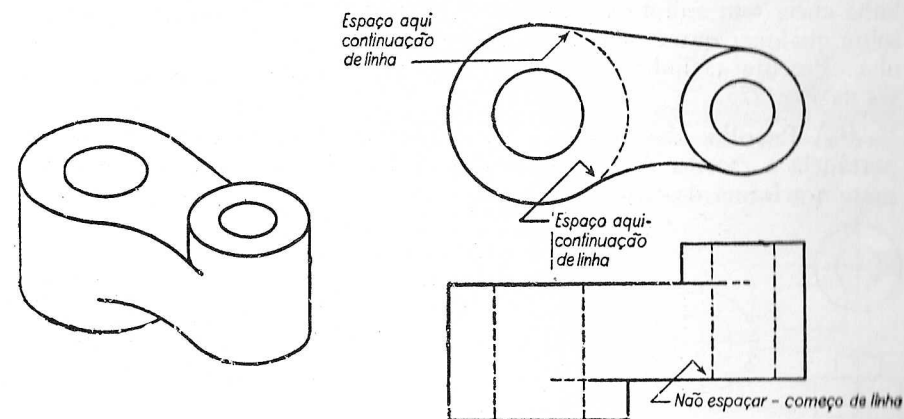



Fig. 222 — Linhas ocultas

105. Linhas médias ou eixos de simetria. Geralmente as primeiras linhas traçadas, na execução de um desenho técnico, são as linhas constituídas pelos eixos de simetria das partes correspondentes às diversas vistas. (1) No desenho de qualquer objeto que tenha um eixo de simetria, como o cilindro e o cone, o eixo será a primeira linha a ser traçada. (2) Todo círculo terá seu centro marcado pela interseção de duas linhas médias. Estas devem cruzar-se nas partes cheias.

O símbolo padrão para representar as linhas médias ou eixos de simetria é constituído por uma linha fina de traços longos e curtos, como se vê no alfabeto das linhas, Fig. 46. Elas sempre ultrapassam levemente o contorno do desenho.

As linhas médias formam o esqueleto do traçado de um desenho, para onde se transportam as dimensões dadas e de onde se tomam as medidas importantes. Exercite-se estudando as linhas médias das Figs. 223, 224 e 228.

106. Grau de primazia das linhas. Em qualquer projeção podem existir linhas coincidentes. Uma superfície perpendicular a um plano de projeção é nele representada por uma linha que pode ser considerada como o lado mais próximo da superfície e qualquer outra linha nela traçada, não pode, conseqüentemente, ser vista. Daí o princípio: *quando duas linhas coincidem, a mais próxima tem a primazia.*

Uma linha visível pode cobrir uma linha oculta, mas esta não pode cobrir aquela. É claro, portanto, que uma linha interrompida nunca poderá definir o limite exterior de uma projeção.

Quando um eixo ou traço de um plano de corte coincidem com uma linha oculta, esta tem a primazia. O traço do plano de corte pretere o eixo de simetria e uma linha cheia tem sempre a primazia sobre qualquer outra espécie de linha. Procure as linhas coincidentes da Fig. 223.

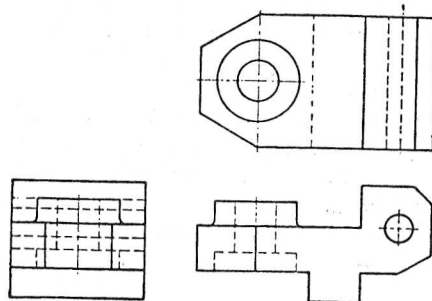



Fig. 223 — Estudo de linhas coincidentes

107. Escolha das vistas. Nos trabalhos práticos é de grande importância a escolha do número e disposição das vistas que melhor representam a forma do objeto.

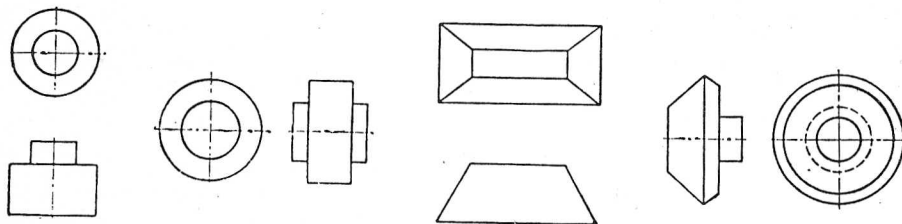



Fig. 224 — Desenhos com duas vistas

Algumas vezes bastam duas projeções, como no caso de um cilindro que, se repousar sobre a base, necessita apenas da elevação e da planta, e se repousar sobre a geratriz, são suficientes a vista de frente e a lateral.

Os cones e as pirâmides representam-se também com duas projeções somente. A Fig. 224 nos dá exemplos de desenhos a duas vistas. Há sólidos, por outro lado, que precisam mais de três projeções para sua representação adequada.

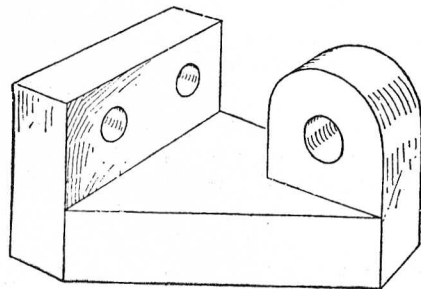



Fig. 225 — Formas geométricas combinadas

Os objetos podem ser considerados como formados pela combinação de sólidos geométricos simples, principalmente de cilindros e prismas retangulares, e as vistas necessárias para representá-los serão determinadas pelas direções segundo as quais são vistos os contornos que caracterizam a forma de suas diferentes partes. A Fig. 225, por exemplo, é constituída por vários prismas e cilindros. Se cada uma destas formas simples for representada indicando-se ao mesmo tempo suas relações recíprocas, o objeto ficará completamente definido. Na maioria dos casos as três vistas comuns são suficientes.

Às vezes bastam duas vistas, quando o contorno do objeto, na terceira, tomaria uma forma naturalmente prevista, como em *A*, Fig. 226, onde se reconhece a projeção de um prisma quadrangular reto. Em outros casos as duas projeções podem ser a vista de frente e a vista lateral, como em *B*.

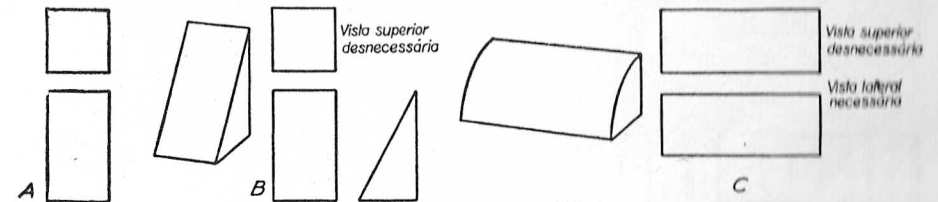



Fig. 226 — Estudo das vistas

As duas vistas em *C* não caracterizam de nenhum modo o objeto. Pode supor-se que a seção do corpo seja quadrada, mas também poderá ser redonda, triangular, ou ter outra forma que deverá então ser indicada por uma vista lateral. Desenhem-se várias vistas de frente para cada planta (*A*, *B* e *C*) da Fig. 227.

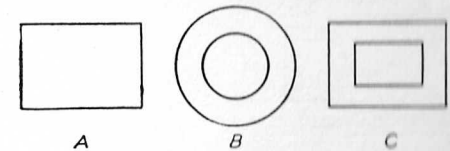



Fig. 227 — Vistas superiores

A vista de frente é em geral a projeção principal. Com a peça em sua posição de funcionamento, escolhe-se, para a vista de frente, aquela direção que mostre a maior dimensão do objeto e de preferência a que revele o contorno característico. Visualize o objeto, imaginando cada projeção separadamente e escolha o melhor grupo de vistas. Na Fig. 228 as setas mostram as direções segundo as quais são observadas as seis projeções principais de uma peça e indicam o raciocínio seguido pelo desenhista. Ele observa que a vista de frente mostra os dois orifícios horizontais bem como a largura e a altura da peça; que a planta é necessária para revelar o contorno do cilindro vertical, e que o canto cortado requer uma vista lateral para expressar sua forma. Nota ainda que a vista lateral direita revela este corte em linhas cheias enquanto que do lado esquerdo, ele é invisível. Simultaneamente chega à conclusão que tanto a vista inferior, como a vista posterior, não tem nenhuma utilidade na representação da peça (na prática, mesmo em cem casos, estas projeções não se apresentam uma única vez). Assim, ele chega à escolha

correta das projeções: *vista de frente, vista superior* e *vista lateral direita*. São as que melhor representam a peça.

Em geral preferir-se-á a vista lateral que contiver menor número de

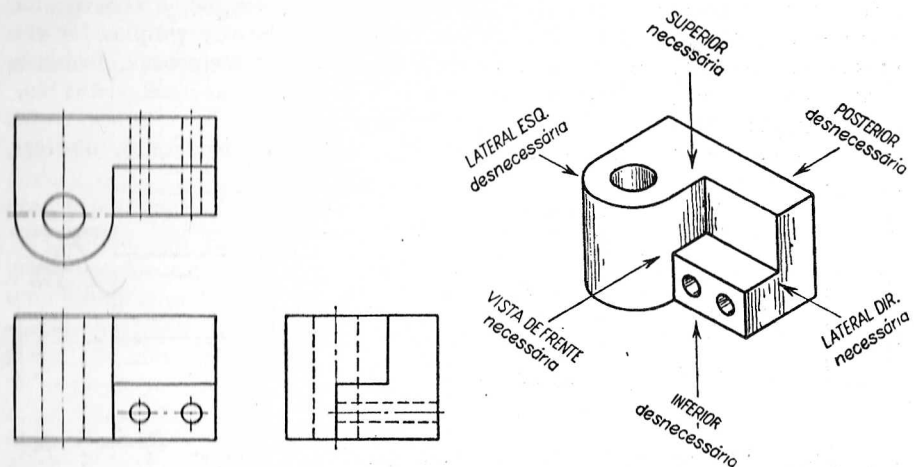



Fig. 228 — Escolha das vistas

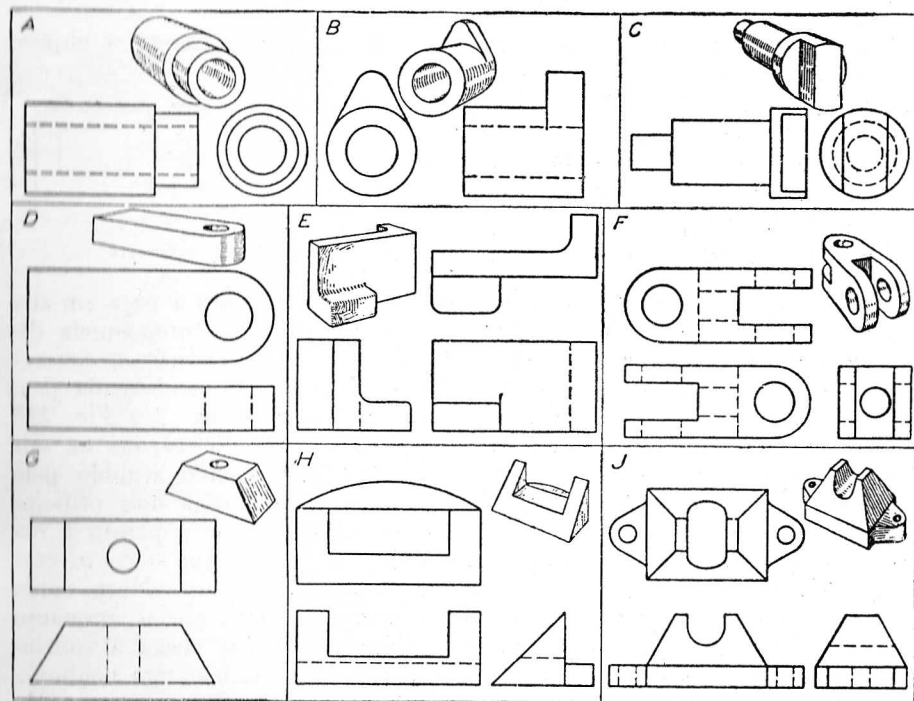



Fig. 229 — Estudo de projeções

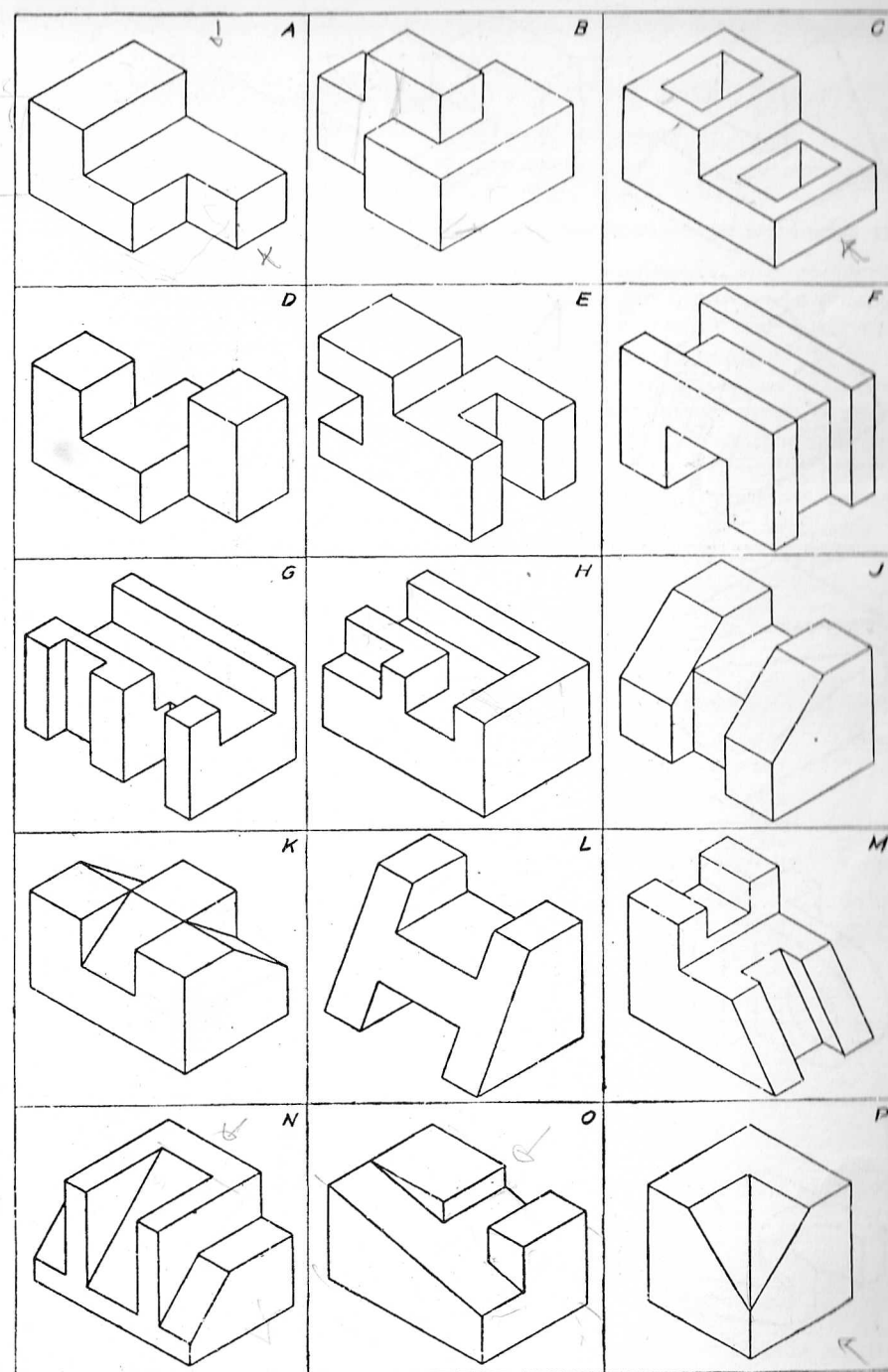



Fig. 230 — Peças para serem esboçadas em projeção ortogonal

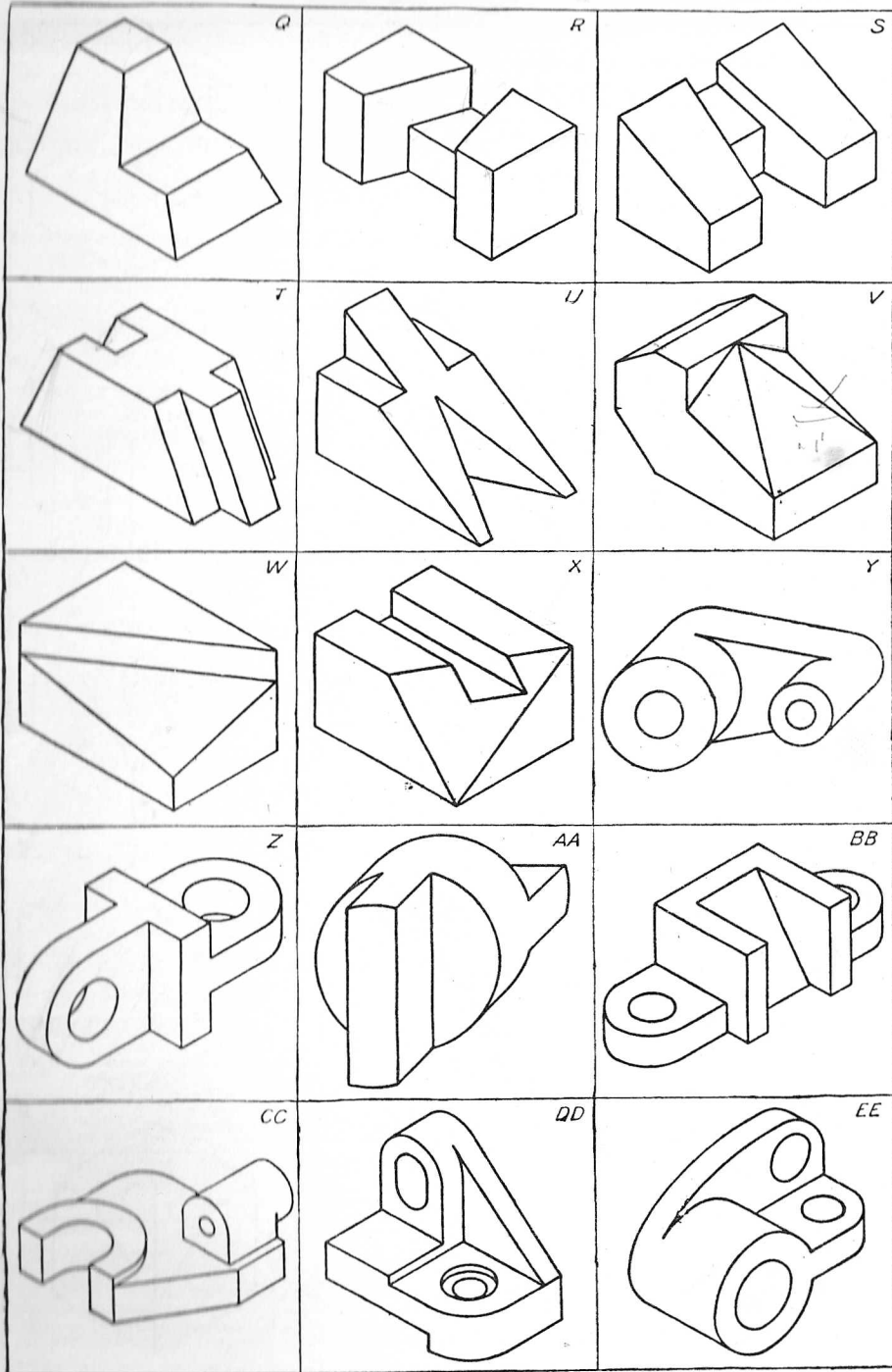



Fig. 231 — Peças para serem esboçadas em projeção ortogonal

linhas ocultas. Em igualdade de condições, a lateral direita é a preferida, de acordo com as normas que regem o assunto.

Na elaboração de um projeto, toda peça simples deve ser imaginada mentalmente e escolhidas as projeções sem que se recorra ao esboço em perspectiva. Nos trabalhos de maior vulto, o esboço da peça, seja em perspectiva, seja em projeção, será vantajoso, mas não será nunca preciso esboçar todas as projeções possíveis, para depois selecioná-las.

Estude os desenhos da Fig. 229 e veja por que foram escolhidas tais projeções.

108. O emprego do esboço nas projeções ortogonais. Ao começar o estudo das projeções é preferível traçá-las inicialmente a mão livre e fazer as três vistas de um certo número de peças simples, a fim de se adquirir a habilidade necessária a este tipo de representação e desenvolver a capacidade de imaginar as formas no espaço, visualizando o objeto pela observação das três projeções. As Figs. 230 e 231 contêm inúmeros desenhos de peças de várias formas que devem ser representadas por três vistas desenhadas a mão livre. Devem ser feitas em tamanho grande, dando à planta um comprimento de 3 a 5 centímetros e avaliando as proporções das diferentes partes, a olho, sem as medir. Observe-se a seguinte ordem de trabalho:

1. Observe-se a peça em perspectiva e veja qual o grupo de vistas que melhor a representa.
2. Esboce o contorno das projeções como em *A*, Fig. 232, usando o traço bastante leve dum lápis macio (F ou n.° 2) e separando-as de modo que dêem uma aparência bem equilibrada ao desenho.

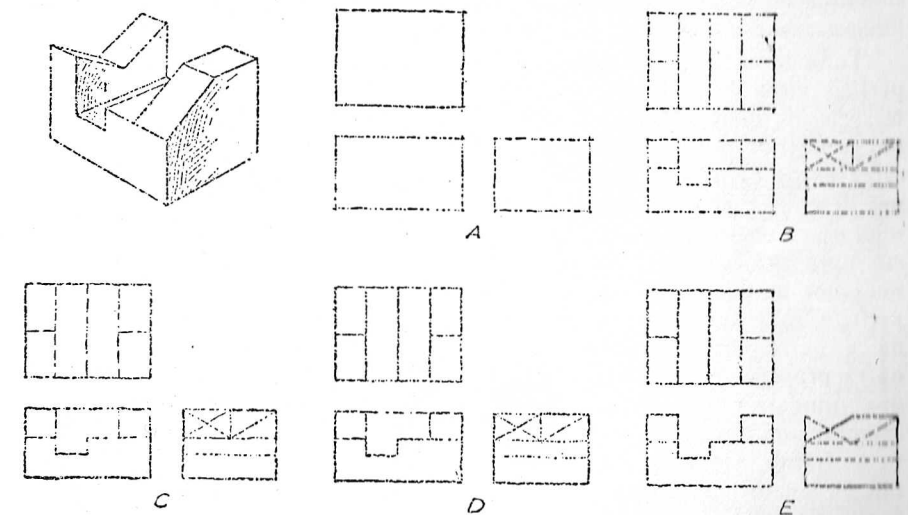



Fig. 232 — Ordem a seguir no esboço de peças em projeção ortogonal

3. Execute os detalhes de cada projeção, de modo que seu traçado progrida uniformemente, como em *B*.

4. Reforce o contorno de cada projeção com traços firmes, como em *O*.
5. Reforce os detalhes com traço idêntico ao do contorno. Fica assim terminado o traçado das linhas cheias do esboço, como em *D*.
6. Desenhe todas as linhas ocultas, usando um traço médio, isto é, mais fino do que o das linhas cheias, como em *E*, completando-se assim o traçado dos elementos que representam a peça.
7. Examine cuidadosamente o esboço feito. Oculte-o, depois, e, partindo das projeções, procure imaginar a forma da peça desenhada.

Para fazer-se o esboço das três vistas de modelos medidos ou de desenhos cotados, como na Fig. 245, etc., é, às vezes, vantajoso usar papel quadriculado com linhas fracas.

Antes de resolver os problemas das Figs. 230 e 231, será conveniente ler o Capítulo XVIII sobre a técnica de esboçar.

109. Leitura de um desenho. Como já foi dito, o engenheiro deve ser capaz de *ler* e *executar* os desenhos técnicos. Nos parágrafos precedentes foram dados alguns exercícios práticos de traçado, para a representação de peças por meio das projeções ortogonais.

A necessidade de aprender a *ler* é, possivelmente, mais importante, porque toda pessoa ligada à parte técnica de certas indústrias deve ser capaz de ler um desenho sem hesitação. A ausência desta qualidade num indivíduo é suficiente para que ele seja considerado como leigo, do ponto de vista técnico.

A leitura de um desenho não pode ser articulada, mas sim interpretada mediante a formação da imagem mental, do objeto representado. Esta imagem pode tomar forma concreta, seja reproduzindo-a em madeira ou metal, seja modelando-a em argila ou ainda executando-se um esboço perspectivo da mesma. Este último caso é o que ocorre comumente.

Toda linha de um desenho indica sempre: o lado visível de uma superfície vista de perfil, ou a intersecção de duas superfícies, ou um contorno. A Fig. 233 ilustra estes casos. Ninguém pode ler um desenho pela observação de uma única projeção. Cada linha em uma projeção representa a mudança de direção de uma superfície, mas deve ser consultada a parte correspondente da outra projeção para se saber de que mudança se trata. Por exemplo, um círculo em uma vista de frente, Fig. 208, pode significar um orifício ou uma saliência cilíndrica. Um rápido exame da vista lateral ou da planta dirá logo qual dos dois casos se representou.

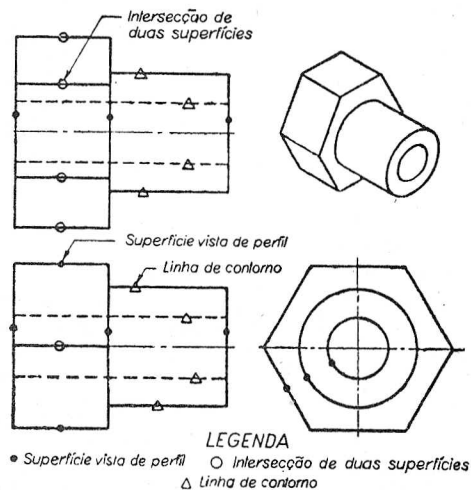



Fig. 233 — O significado das linhas

Para se ler um desenho, deve-se em primeiro lugar formar uma idéia geral da configuração do objeto através de uma rápida inspeção das projeções dadas. Em seguida escolher, para um estudo mais meticuloso, aquela que melhor apresente a forma característica de objeto e, pela consulta simultânea das projeções, verificar o que representa cada linha.

Ao examinar qualquer projeção o leitor deve sempre imaginar que é o próprio objeto que está sendo visto, e não sua projeção, e ao desviar a vista de uma projeção para a outra, deve imaginar-se como se estivesse caminhando em torno do objeto e fitando-o na direção da projeção considerada.

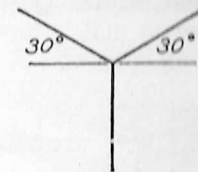



Fig. 234

110. Leitura por meio do esboço. Uma das melhores maneiras de ler um desenho consiste em recorrer ao esboço em perspectiva do objeto. Normalmente, antes de estar terminado o esboço, as projeções ortogonais já estão perfeitamente esclarecidas. Em vista da importância que o esboço a mão livre tem para o engenheiro, este deve cedo iniciar a sua prática, para adquirir facilidade de execução. Já foram dados exercícios práticos para a execução de esboços em projeção ortogonal. A prática do esboço em perspectiva requer o estudo preliminar da técnica de execução.

Esboço em perspectiva. O traçado dos esboços em perspectiva tem por base um sistema de três eixos de referência, dos quais um é vertical e os dois outros fazem um ângulo de 30° [1] com a horizontal. Representam três linhas do espaço perpendiculares entre si, Fig. 234. Sobre estes eixos marcam-se as dimensões proporcionais à largura, profundidade e altura de qualquer objeto de forma paralelepipédica. As circunferências são traçadas com o auxílio dos quadrados circunscritos.

Observe as vistas da Fig. 235, de acordo com as instruções dadas no parágrafo 109, e, tendo à mão um bloco de notas e um lápis macio, execute o esboço em perspectiva, com traço *muito leve,* estimando a altura, a largura e a profundidade do objeto e marcando estas dimensões sobre os eixos, como em *A*. Esboce, então, a forma paralelepipédica que encerra a peça, ou melhor, o bloco donde poderia ser tirada, Fig. 235 *B*. Sobre sua face superior rascunhe levemente as linhas existentes na planta, Fig. 235 *C* (note que algumas linhas da planta não se encontram, como veremos em seguida, sobre o plano da face superior). A seguir esboce as linhas da vista de frente sobre a face anterior do bloco, e se houver também uma vista lateral, proceda, com ela, analogamente, Fig. 235 *D*. Agora comece a cortar o bloco, reforçando o traço das arestas visíveis e acrescentando as linhas segundo as quais se encontram as faces do objeto, como na Fig. 235 *E*. As arestas não visíveis são omitidas, a não ser quando necessárias à descrição da peça. Terminado o desenho, compare-o

(1) Perspectiva isométrica.

com as três vistas. As linhas de construção não devem ser apagadas, a menos que tragam confusão ao desenho.

Um desenho simples como o da Fig. 235, pode ser lido e concebido mentalmente, num simples relance, podendo, portanto, o esboço ser feito rapidamente. Quando, porém, eles têm um número maior de linhas, requerem mais tempo para seu estudo, comparação das vistas e acabamento do rascunho.

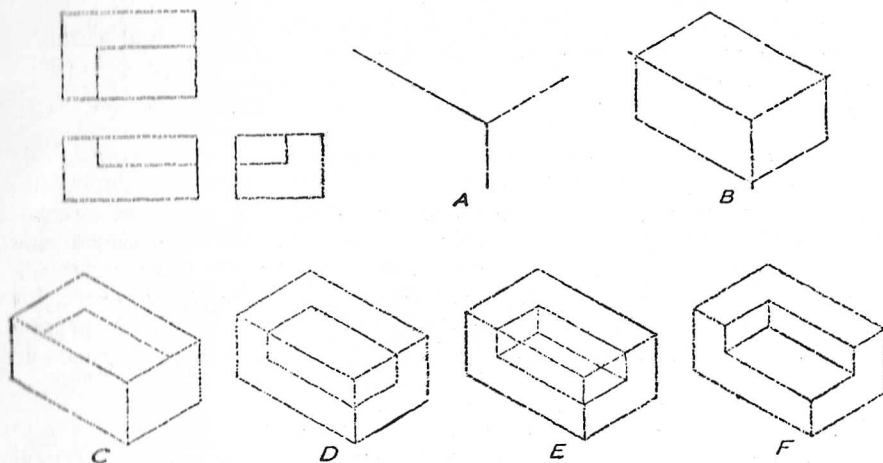
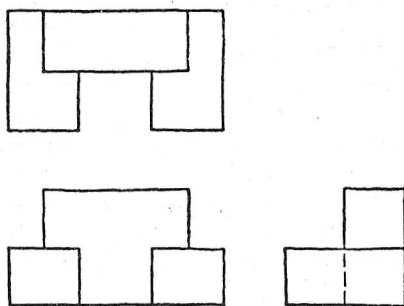



Fig. 235 — Fases na execução de um esboço em perspectiva

Ninguém pode pretender ler totalmente um desenho de uma só vez, da mesma forma que não é possível ler toda uma página impressa com um rápido olhar. Ambos devem ser lidos linha por linha.

111. Leitura mediante construção de modelo. Um método interessante e eficaz para facilitar a leitura de um desenho, é o de executar seu modelo em argila ou cera, seguindo o mesmo caminho indicado acima para a execução do esboço. Algumas formas prestam-se melhor para a modelagem, retirando-as do bloco que as abrange; outras são construídas mais facilmente pela justaposição dos sólidos geométricos que as compõem.

Fig. 236

Partindo de um paralelepípedo de argila de 25 mm × 25 mm × 50 mm, mais ou menos, interprete a Fig. 236, e corte-o de modo que dele se possa destacar o objeto representado. Trace levemente com a ponta de um canivete ou de um riscador de aço, as linhas das três vistas nas três

faces correspondentes do bloco, Fig. 237 *A*. O primeiro corte será, evidentemente, feito de acordo com o indicado em *B*, e o segundo, conforme *C*. Os cortes sucessivos estão indicados em *D* e *E* e o modelo terminado aparece em *F*.

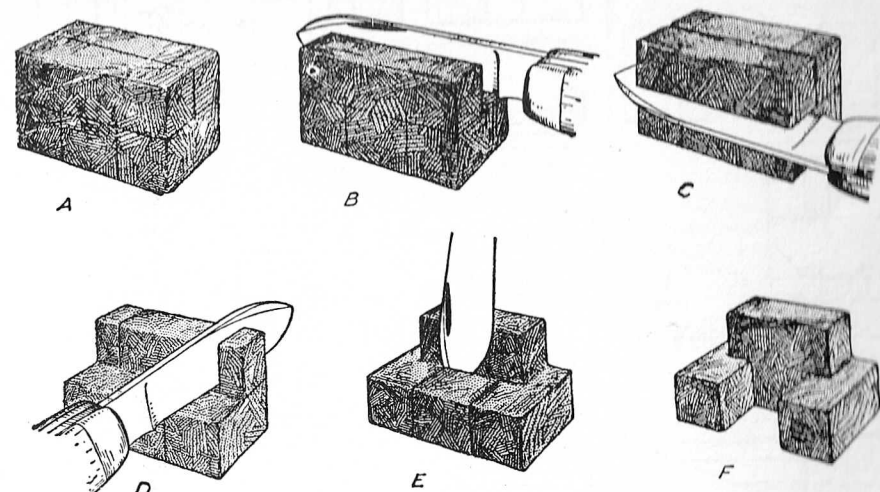



Fig. 237 — Fases da modelagem

A Fig. 238 ilustra o tipo de modelo que pode ser feito pela justaposição das diversas formas geométricas que o compõem.

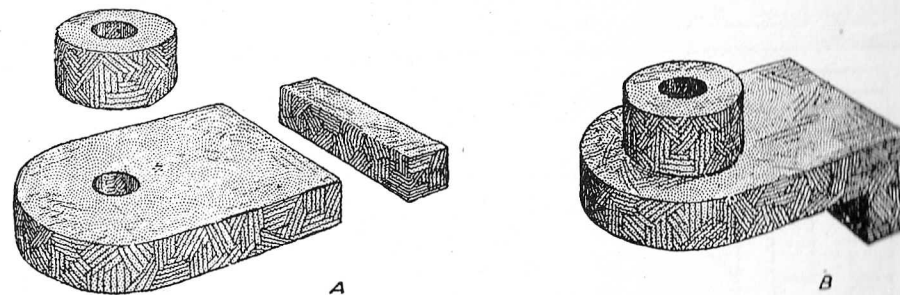



Fig. 238 — Modelo obtido pela justaposição de sólidos geométricos

112. Exercícios de leitura. As Figs. 239 e 240 contêm inúmeros desenhos com três vistas, de diferentes peças, cujas formas se prestam para os exercícios de leitura das projeções ortogonais e o correspondente traçado dos esboços e execução dos modelos. Procede-se como foi descrito no capítulo precedente, fazendo os esboços de modo que a sua maior dimensão nunca seja inferior a 10 cm. Verifique cada desenho para estar certo de ter indicado todas as interseções representadas nas três vistas e para ver se estas podem ser deduzidas do esboço.

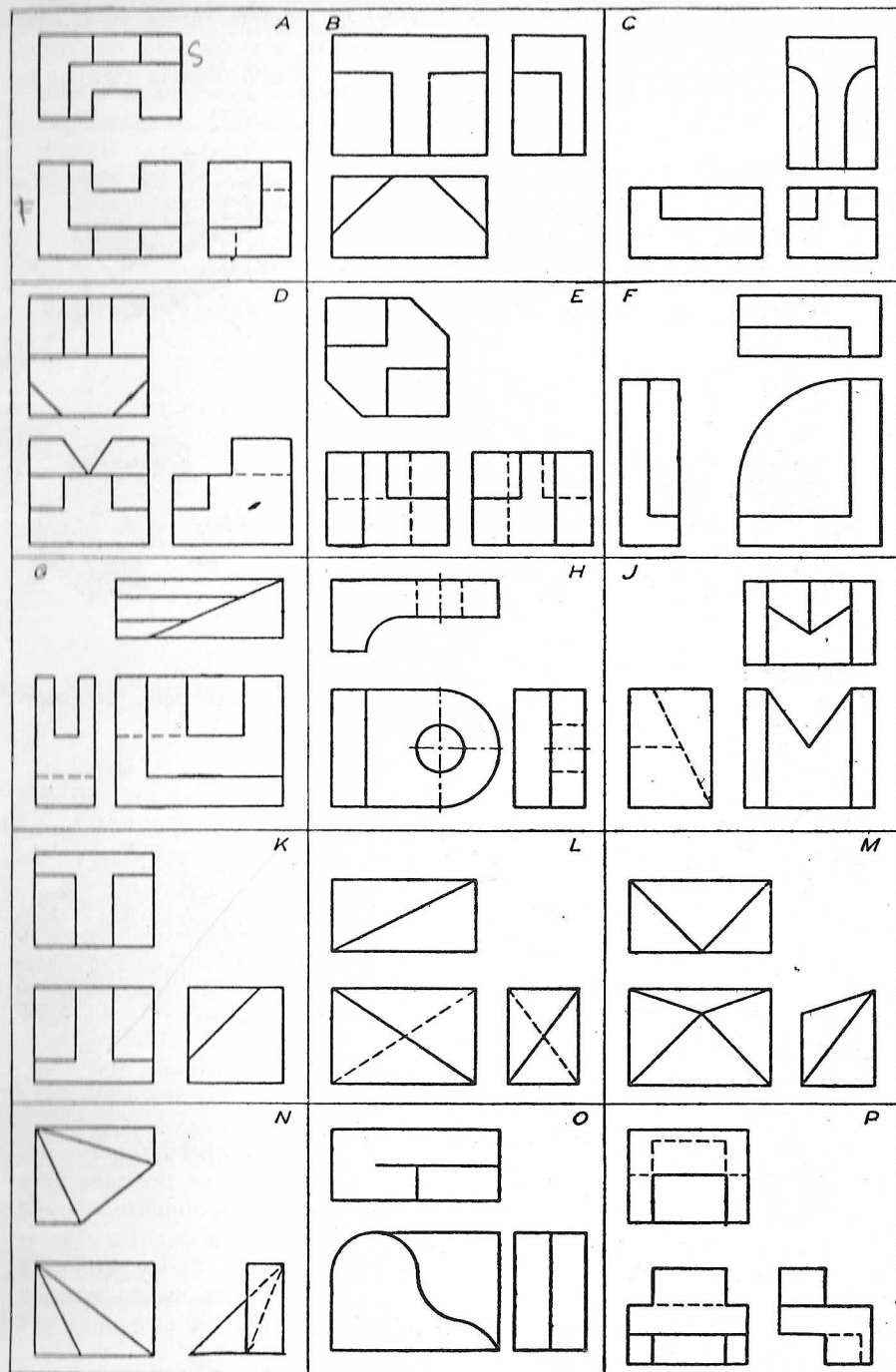



Fig. 239 — Exercícios de leitura

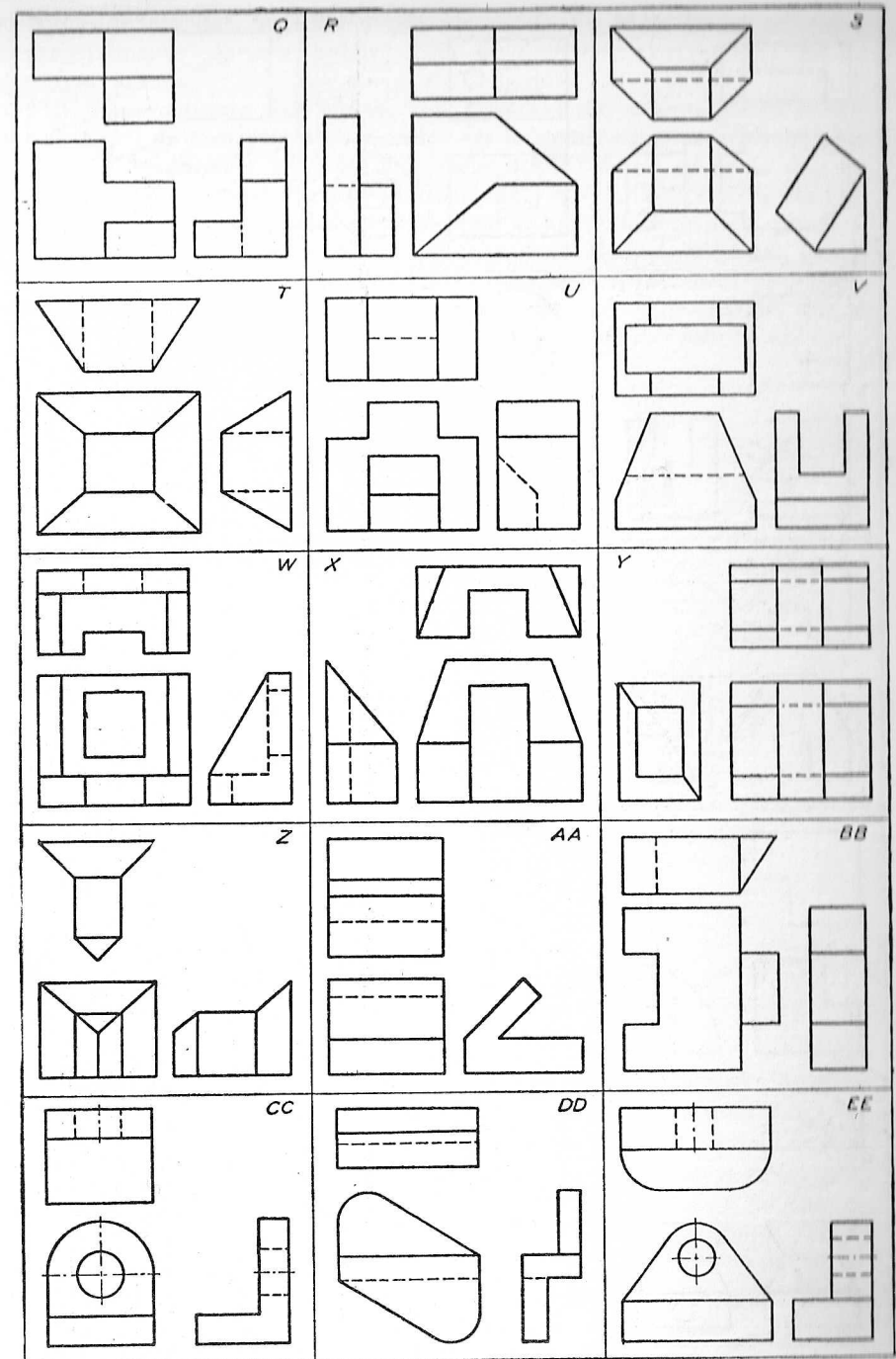



Fig. 240 — Exercícios de leitura

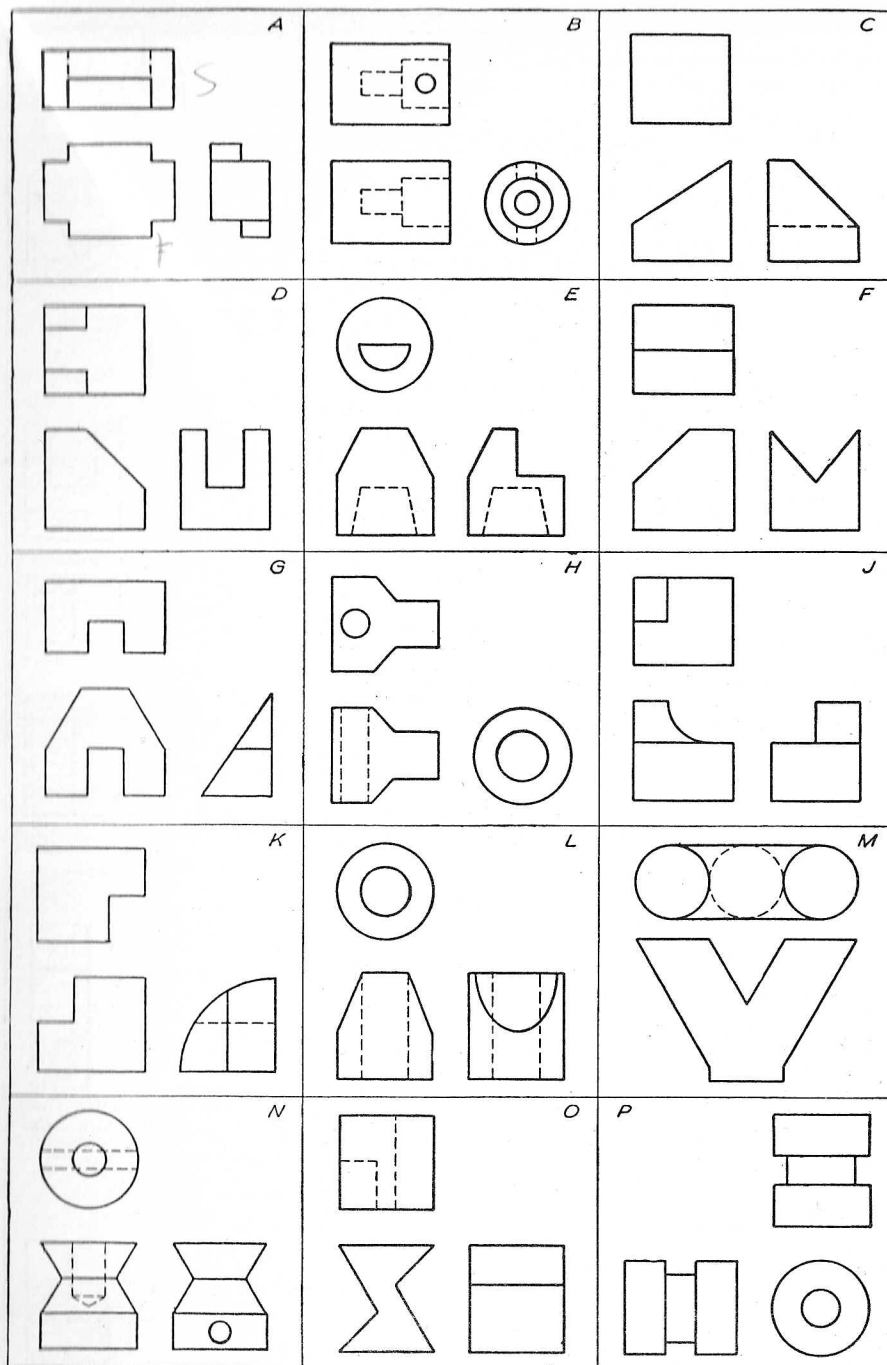



Fig. 241 — Exercícios para traçado de linhas omitidas

Em cada um dos desenhos a três vistas, da Fig. 241, foram omitidas intencionalmente algumas linhas. Leia os desenhos e acrescente as linhas que faltam.

113. Espaçamento das vistas. Os desenhos são executados sobre folhas de papel de tamanho padronizado. Os formatos norte-americanos têm por base o formato de 8 ½" × 11". Os múltiplos destes números dão as dimensões dos formatos seguintes, isto é, 11" × 17", 17" × 22", etc.(1) As vistas devem ser colocadas de modo que se ajustem ao espaço que lhes foi reservado, para isso o desenhista precisa tirar algumas medidas, antes de traçar os eixos de simetria e as linhas básicas das diferentes projeções. O exemplo seguinte mostrará a maneira de proceder. Suponhamos que a peça da Fig. 242 deva ser desenhada em uma folha de 279 mm × 432 mm.

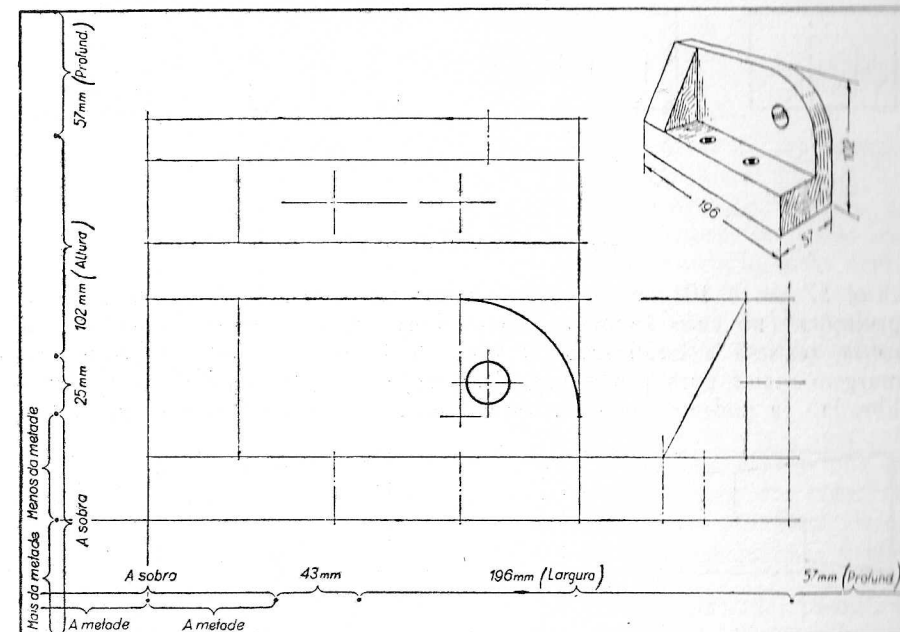



Fig. 242 — Espaçamento das vistas

Descontadas as margens, o espaço útil será 267 mm × 384 mm. A vista de frente requererá 196 mm e a lateral 57 mm. Isto deixará uma sobra de 131 mm a ser distribuída pelo espaço entre as vistas e as margens laterais.

O desenhista localiza graficamente as projeções, com bastante rapidez, tomando as medidas, com a escala, ao longo da linha inferior do enquadramento. Começa pelo canto direito, marcando primeiro 57 mm e depois 196 mm. Determina, então, marcando em seguida, a distância entre as

(1) N. do T.: Vide os formatos adotados pela norma brasileira recomendada, na execução dos desenhos técnicos.

projeções (toma-se geralmente 1/3 da sobra, no caso presente, 43 mm); a metade da sobra, tomada a partir da esquerda, será o ponto de partida, da vista de frente. Para a localização, no sentido da altura da folha, temos as medidas de 102 mm para a altura da vista de frente, e de 57 mm para a profundidade da planta. A partir do vértice superior esquerdo mar-

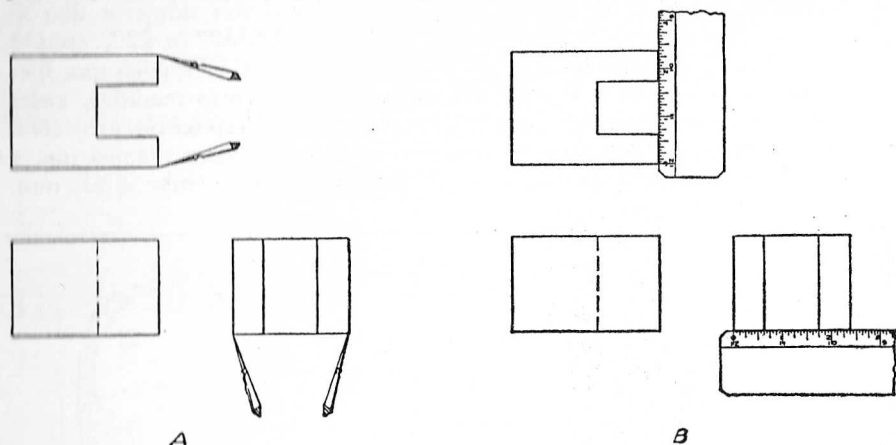



Fig. 243 — Transporte de medidas

ca-se 57 mm e 102 mm e atribui-se por estimativa a distância entre as projeções (no caso 25 mm). Tomando-se, então, menos da metade da sobra, ter-se-á a localização da vista de frente, deixando embaixo uma margem maior para proporcionar ao conjunto uma aparência mais equilibrada. Já podemos agora desenhar, da maneira indicada na figura, não

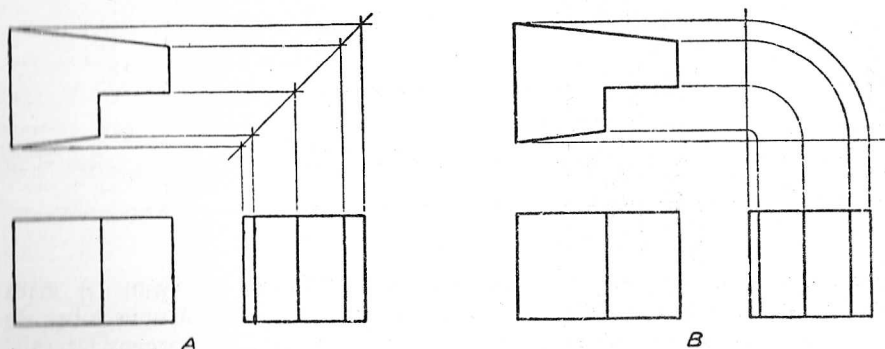



Fig. 244 — Transporte das dimensões correspondentes às profundidades

só os eixos e linhas básicas, como as próprias vistas. Ao executar simultâneamente a planta e a vista lateral, o desenhista, em geral, transporta as medidas correspondentes às profundidades, de uma para outra vista, ou com auxílio de um compasso de pontas secas, como em *A*, Fig. 243, ou com uma régua graduada, como em *B*. Algumas vezes, porém, como

no caso de figuras irregulares, é mais fácil transportá-las gràficamente, seja usando uma oblíqua de 45°, traçada pelo ponto de interseção do prolongamento das linhas que, nestas vistas (superior e lateral), representam a face anterior do objeto, como mostra a Fig. 244 *A*; seja executando o transporte dos pontos com o compasso, como em *B*, tendo em vista o processo da caixa de vidro.

EXERCÍCIOS

114. Os diversos grupos de exercícios dados a seguir foram escolhidos tendo em vista a prática do desenho projetivo. A maioria deles se destinam ao desenho com instrumentos, mas também podem constituir bons exercícios, quando feitos a mão livre, em papel liso ou quadriculado.

São estes os grupos:

I — Execução de vistas, partindo-se da perspectiva da peça.
II — Vistas que devem ser acrescentadas ou completadas.
III — Vistas que devem ser trocadas.
IV — Desenho de memória.
V — Cálculo dos pesos e volumes (com régua de cálculo).

Forma e *tamanho* são os dois elementos a considerar na representação de um objeto. O primeiro nos é dado pelas projeções e o último, igual ao primeiro em importância, pelas cotas. Estes exercícios, embora destinados preliminarmente à representação da forma, podem ser feitos como introdução ao traçado dos desenhos destinados à execução, pelo simples acréscimo dos elementos relativos às cotas. Quem assim proceder, deve estudar com todo o cuidado o Capítulo XI, que trata do assunto. As cotas serão então indicadas de acordo com as instruções dadas, sendo depois verificadas para eliminar os possíveis enganos.

O primeiro requisito de um bom desenho, depois de se ter determinado quais as vistas necessárias à exata representação da peça, fica satisfeito por uma conveniente disposição das projeções no espaço que lhes foi destinado, de modo a permitir uma correta colocação das cotas (em virtude das dimensões reduzidas das páginas, a maioria dos desenhos desta obra estão muito mais próximos do que os desenhos comuns destinados à execução).

Execute inicialmente alguns esboços em papel adequado, procurando uma boa disposição para as projeções e prossiga, então, obedecendo a seqüência indicada para as diversas fases do trabalho. *Primeiro,* escolher o tamanho da folha e traçar as margens; *segundo,* determinar a escala a empregar; *terceiro,* traçar os eixos de simetria, as linhas básicas de cada vista e os retângulos que as contêm; *quarto,* completar as projeções, executando-as simultaneamente e deduzindo uma das outras.

Execute as linhas, em traço leve, com a mina do lápis afiada, e só apague os traços excedentes depois de concluído o desenho. Nos desenhos definitivos, a lápis, reforce os contornos e apague as linhas desnecessárias. Consulte o parágrafo 259 e a ilustração correspondente, Fig. 589, onde há uma exposição mais detalhada sobre a ordem a seguir no traçado dos desenhos a lápis, e estude, no parágrafo 261, as instruções relativas à execução dos desenhos a tinta.

Grupo I — Execução das vistas, partindo-se da perspectiva da peça. Exercícios de 1 a 42.

O espaço necessário para cada exercício, quando executado em escala natural, está indicado entre parênteses, após a indicação dos dados.

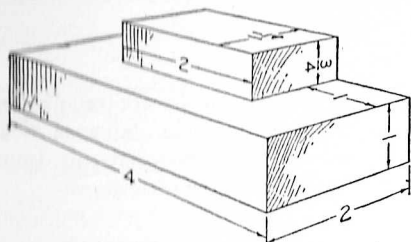
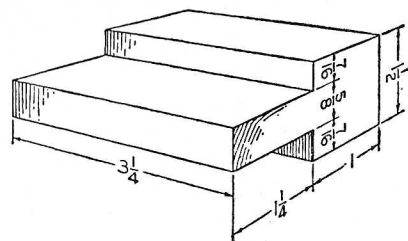



Fig. 245 — Bloco em degrau Fig. 246 — Espiga

1. Fig. 245. Traçar a elevação, a planta e a vista lateral direita do bloco em degrau (espaço de 13 × 18 cm).
2. Fig. 246. Traçar a elevação, a planta e a vista lateral direita da espiga (espaço de 13 × 18 cm).

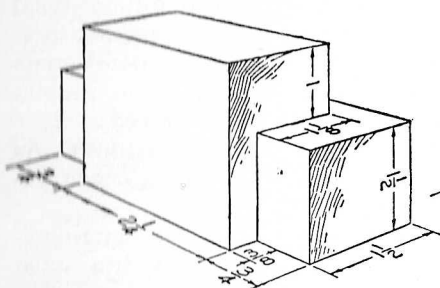
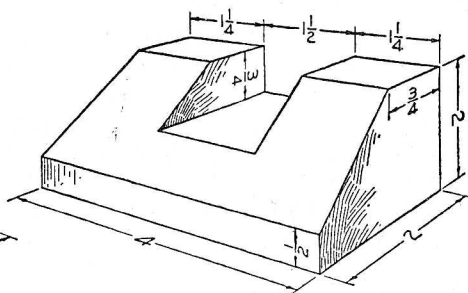



Fig. 247 — Pára-choque Fig. 248 — Cunha com fenda

3. Fig. 247. Traçar as três vistas de um pára-choques (espaço de 15 × 18 cm).
4. Fig. 248. Traçar as três vistas da cunha com fenda (espaço de 13 × 18 cm).

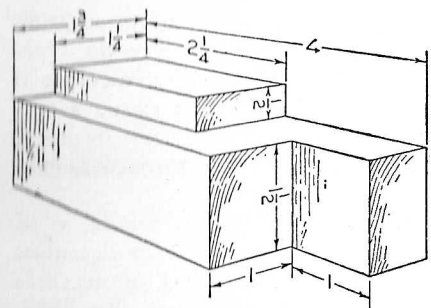
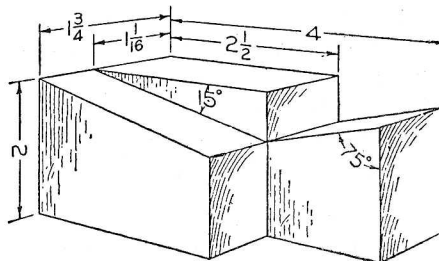



Fig. 249 — Bloco em ângulo Fig. 250 — Apoio inclinado

5. Fig. 249. Traçar as três vistas do bloco em ângulo (espaço de 13 × 18 cm).
6. Fig. 250. Traçar as três vistas do apoio inclinado (espaço de 13 × 18 cm).

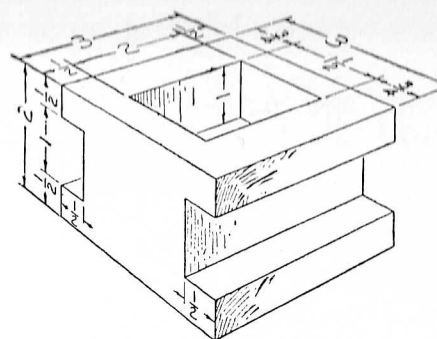



Fig. 251 — Encaixe de corrediças Fig. 252 — Encaixe com flange

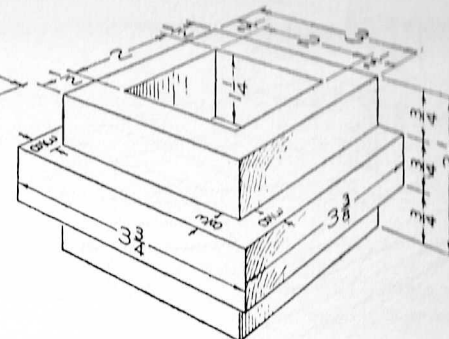
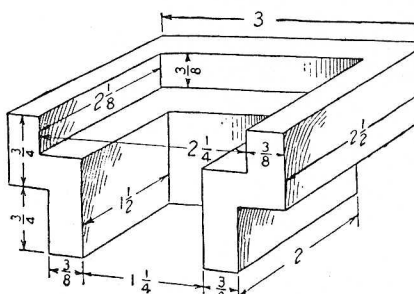



Fig. 253 — Assento em consolo Fig. 254 — Bloco-cunha

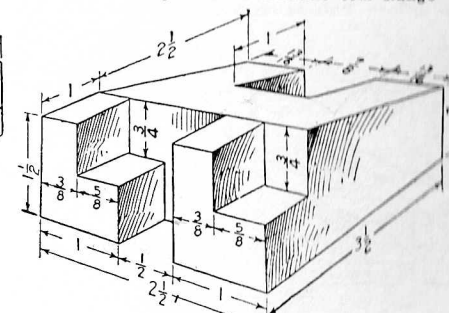
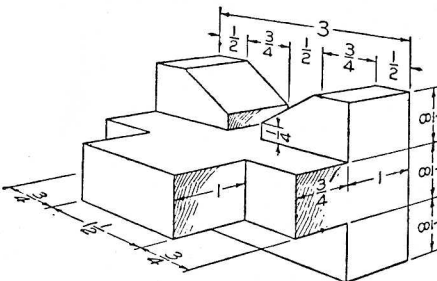
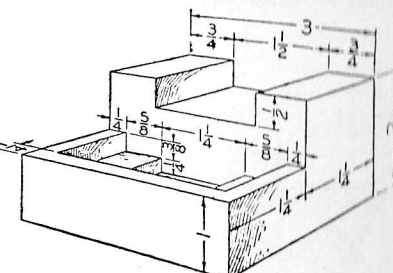



Fig. 255 — Suporte em V Fig. 256 — Encaixe de trinco

7. Fig. 251. Traçar as três vistas do encaixe de corrediças (espaço de 1 18 cm).
8. Fig. 252. Traçar as três vistas do encaixe com flange (espaço de 18 × 20 cm).
9. Fig. 253. Traçar as três vistas do assento em consolo (espaço de 13 × 18 cm).
10. Fig. 254. Traçar as três vistas do bloco-cunha (espaço de 15 × 18 cm).
11. Fig. 255. Traçar as três vistas do suporte em V (espaço de 18 × 18 cm).
12. Fig. 256. Traçar as três vistas do encaixe de trinco (espaço de 15 × 18 cm).
13. Fig. 257. Traçar as três vistas do batente em ângulo (espaço de 13 × 18 cm).
14. Fig. 258. Traçar as três vistas do apoio de locação (espaço de 13 × 18 cm).

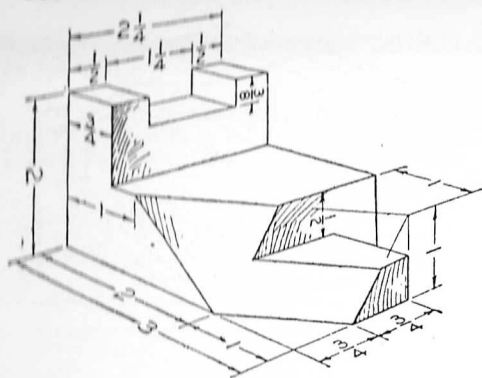



Fig. 257 — Batente em ângulo

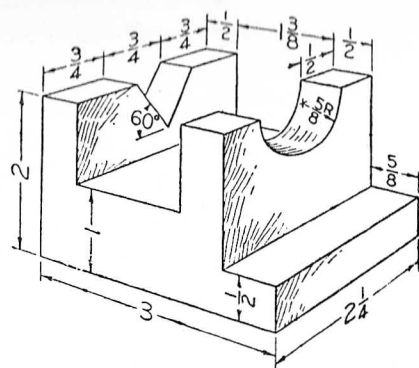



Fig. 258 — Apoio de locação

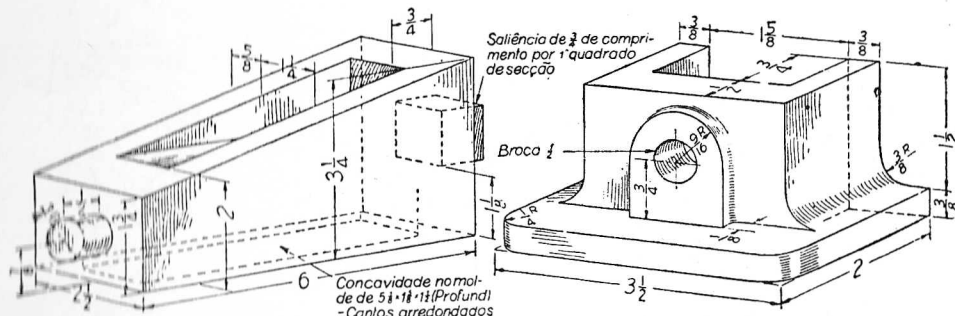



Fig. 259 — Cunha de nivelamento

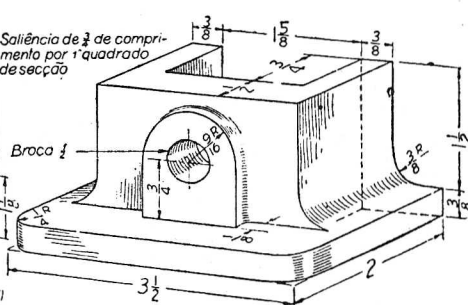



Fig. 260 — Base guia

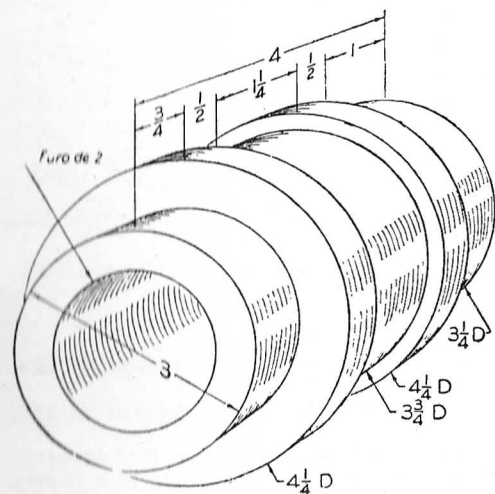



Fig. 261 — Cubo de eixo com flanges

Fig. 262 — Excêntrico

15. Fig. 259. Traçar as três vistas da cunha de nivelamento (espaço de 18 × 28 cm).
16. Fig. 260. Traçar as três vistas da base guia (espaço de 13 × 18 cm).
17. Fig. 261. Traçar as duas vistas do cubo de eixo com flanges (espaço de 13 × 23 cm).
18. Fig. 262. Traçar as duas vistas do excêntrico (espaço de 13 × 20 cm).

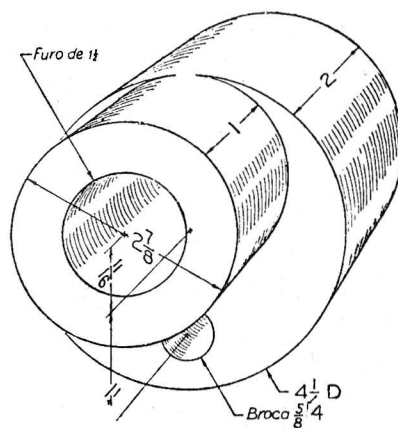
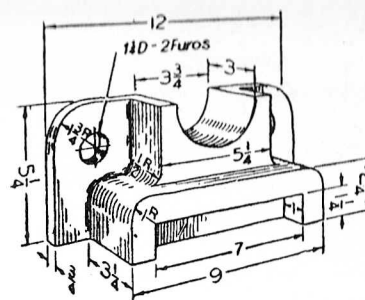



Fig. 263 — Mancal

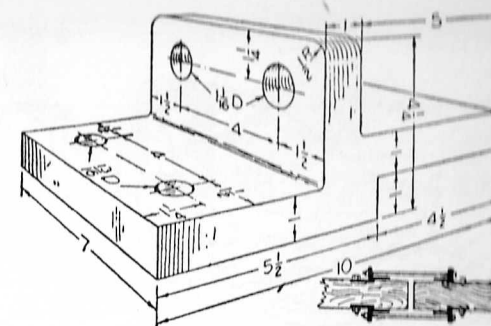



Fig. 264 — Chapa de união

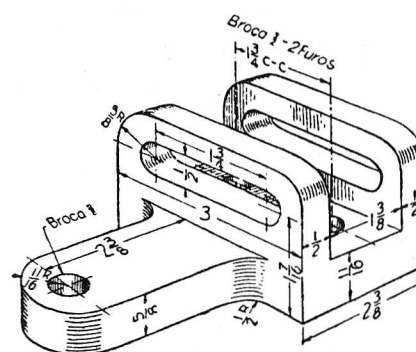



Fig. 265 — Suporte ajustável

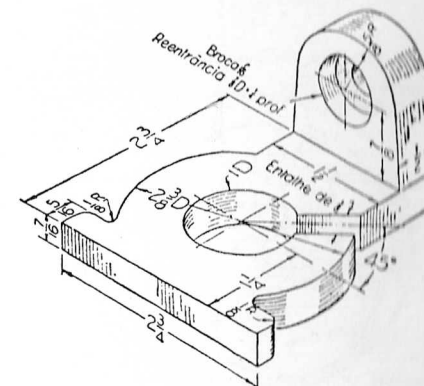



Fig. 266 — Base de agulha

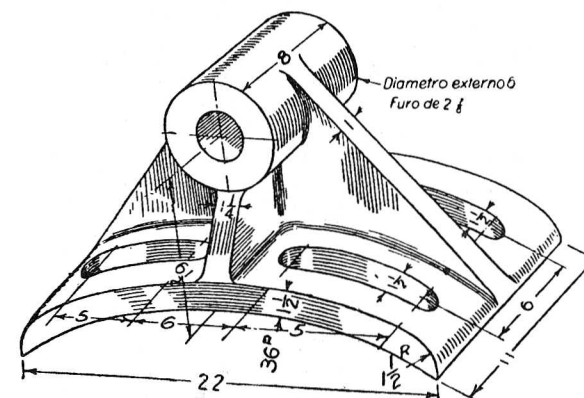



Fig. 267 — Sapata do freio

Fig. 268 — Bico do queimador

19. Fig. 263. Traçar as três vistas do mancal (determinar a escala conveniente).
20. Fig. 264. Traçar as três vistas da chapa de união (escala a determinar).
21. Fig. 265. Traçar as três vistas do suporte de ajustagem (espaço de 15 × 23 cm).
22. Fig. 266. Traçar as três vistas da base de agulha (espaço de 14 × 18 cm).
23. Fig. 267. Traçar duas vistas da sapata do freio (escala a determinar).
24. Fig. 268. Traçar as três vistas do bico do queimador (escala a determinar).

Fig. 269 — Suporte em ângulo

Fig. 270 — Base de travação

Fig. 271 — Excêntrico

Fig. 272 — Camo elíptico

Fig. 273 — Lingüeta

Fig. 274 — Cotovelo ranhurado

25. Fig. 269. Traçar as três vistas do suporte em ângulo (espaço de 20 × 20 cm).
26. Fig. 270. Traçar as três vistas da base de travação (espaço de 23 × 28 cm).
27. Fig. 271. Traçar as duas vistas do excêntrico (espaço de 15 × 23 cm).
28. Fig. 272. Traçar as duas vistas do camo elíptico (espaço de 15 × 23 cm).
29. Fig. 273. Traçar as duas vistas da lingüeta (espaço de 23 × 23 cm).
30. Fig. 274. Traçar as três vistas do cotovelo ranhurado (espaço de 20 × 20 cm, com a vista lateral de acordo com a segunda disposição).

Fig. 275 — Caixilho de fixação

Fig. 276 — Suporte reforçado

Fig. 277 — Forquilha de mudança

Fig. 278 — Braçadeira

Fig. 279 — Guia de eixo

Fig. 280 — Bloco de fixação

31. Fig. 275. Traçar as três vistas do caixilho de fixação (espaço de 20 × 26 cm).
32. Fig. 276. Traçar as três vistas do suporte reforçado (espaço de 18 × 33 cm).
33. Fig. 277. Traçar as duas vistas da forquilha de mudança (espaço de 15 × 20 cm).
34. Fig. 278. Traçar as três vistas da braçadeira (espaço de 18 × 26 cm).
35. Fig. 279. Traçar as três vistas da guia de eixo (espaço de 26 × 28 cm).
36. Fig. 280. Traçar as três vistas do bloco de fixação (espaço de 23 × 23 cm).

Fig. 281 — Suporte de charneira

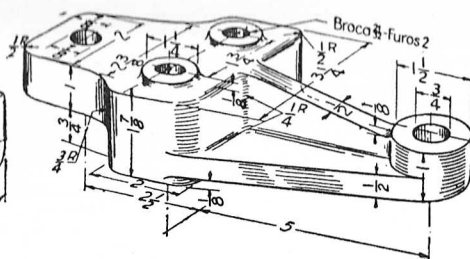



Fig. 282 — Braço de fixação

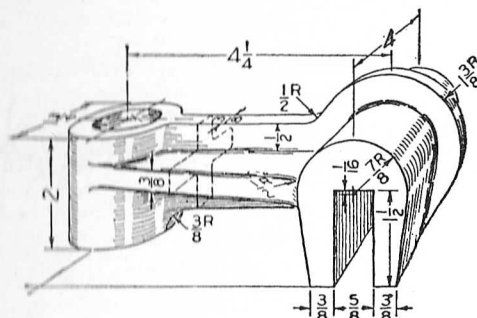



Fig. 283 — Gancho com corrediça

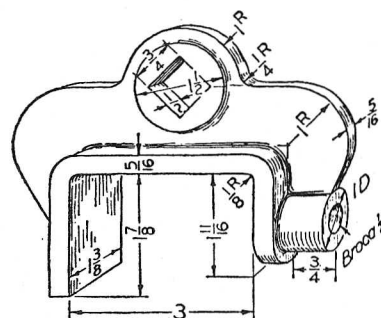



Fig. 284 — Grampo

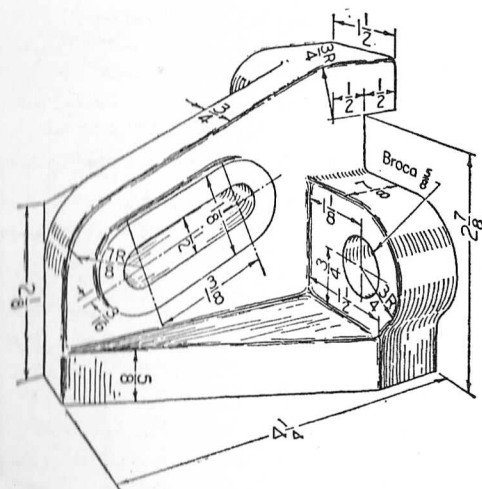



Fig. 285 — Conetor angular

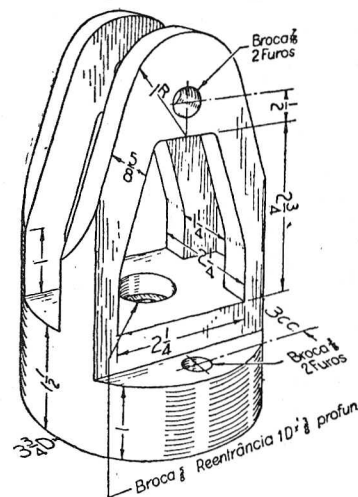



Fig. 286 — Suporte de interruptor

37. Fig. 281. Traçar as três vistas do suporte de charneira (espaço de 23 × 31 cm).

38. Fig. 282. Traçar as duas vistas do braço de fixação (espaço de 18 × 26 cm).

39. Fig. 283. Traçar as três vistas do gancho com corrediça (espaço de 23 × 31 cm).

40. Fig. 284. Traçar as duas vistas do grampo (espaço de 13 × 23 cm).

41. Fig. 285. Traçar as três vistas do conetor angular (espaço de 20 × 26 cm).

42. Fig. 286. Traçar as três vistas do suporte de interruptor (espaço de 23 × 24 cm).

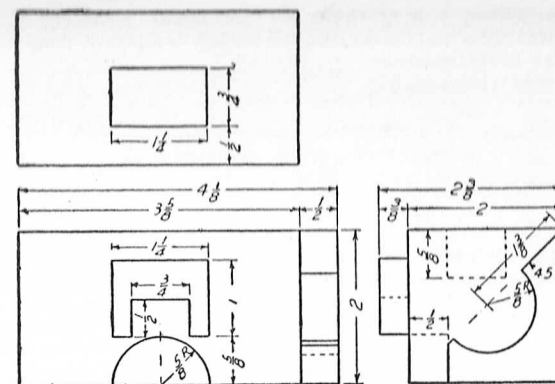



Fig. 287 — Estudo de projeções

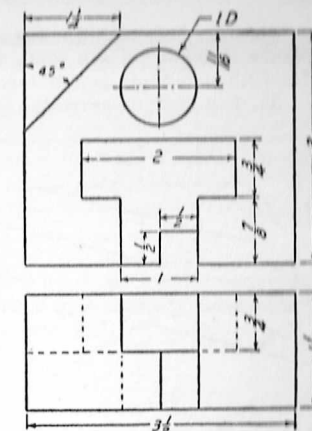



Fig. 288 — Estudo de projeções

Grupo II. Vistas que devem ser acrescentadas ou completadas. Exercícios de 43 a 61.

43. Traçar as vistas dadas, completando a planta com os dados tirados da elevação e vista lateral. Executar as três vistas simultâneamente.

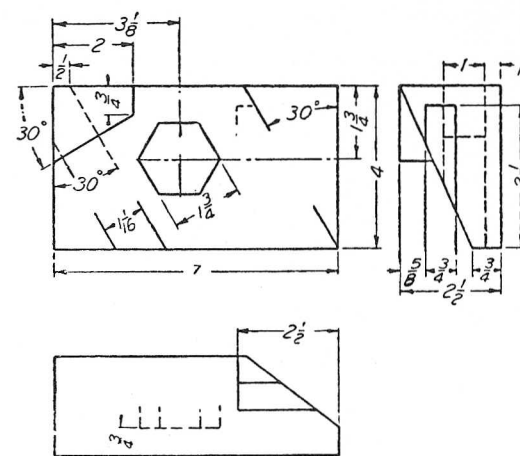



Fig. 289 — Estudo de projeções

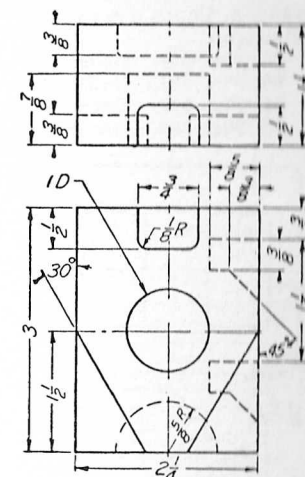



Fig. 290 — Estudo de projeções

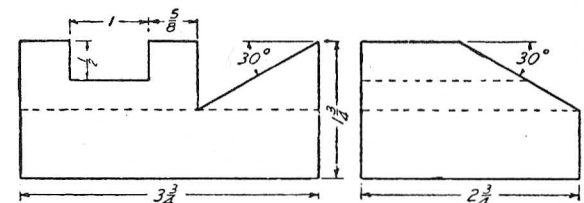



Fig. 291 — Estudo de projeções

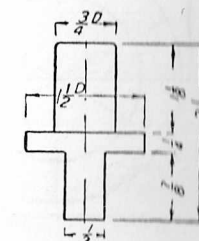



Fig. 292 — Sapata de mudança

44. Fig. 288. Sendo dadas a planta e a elevação de um bloco, pedem-se a planta, a elevação e a vista lateral direita. Cuide que as partes iniciais e finais das linhas ocultas sejam traçadas corretamente.
45. Fig. 289. Completar as três vistas dadas.

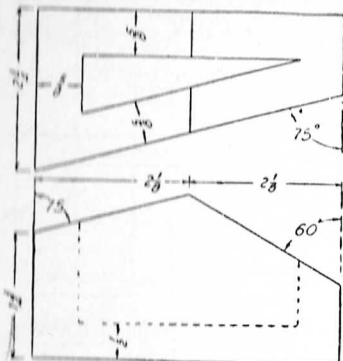



Fig. 293 — Bloco-cunha

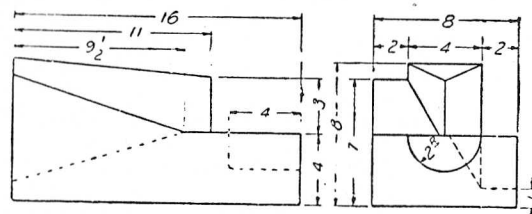



Fig. 294 — Matriz de ferramentas de perfuração

46. Fig. 290. Dadas a elevação e a planta, acrescentar a vista lateral.
47. Fig. 291. Dadas a elevação e a vista lateral direita, acrescentar a planta.
48. Fig. 292. Dada a elevação de uma sapata de mudança, pedem-se a elevação, a planta e a vista lateral direita. A letra *D*, na figura, é a abreviação de diâmetro.
49. Fig. 293. Dadas a planta e a elevação, acrescentar a vista lateral direita.
50. Fig. 294. Dadas a elevação e a vista lateral, acrescentar a planta.
51. Fig. 295. Dadas a elevação e a planta, acrescentar a vista lateral.
52. Fig. 296. Dadas a elevação e a planta, acrescentar a vista lateral.

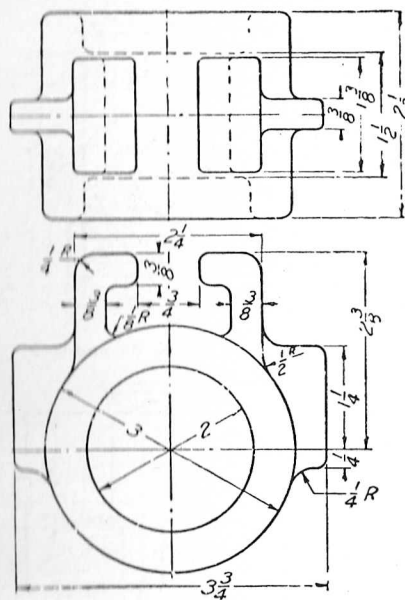



Fig. 295 — Molde para fundição

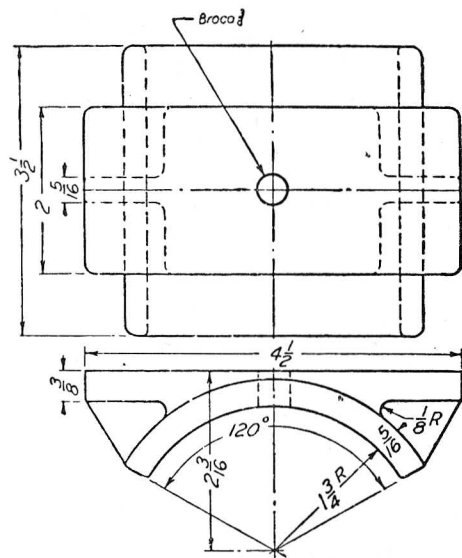



Fig. 296 — Suporte de mola

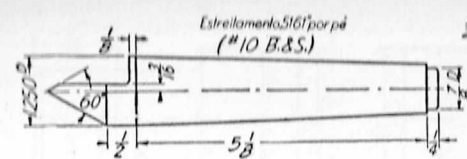



Fig. 297 — Ponta do cabeçote retificador

Fig. 298 — Tensor

53. Fig. 297. Dada a elevação, acrescentar a planta e a vista lateral esquerda.
54. Fig. 298. Dada a elevação, acrescentar a planta e a vista lateral. Para a representação e especificação de roscas, ver o Capítulo XII.

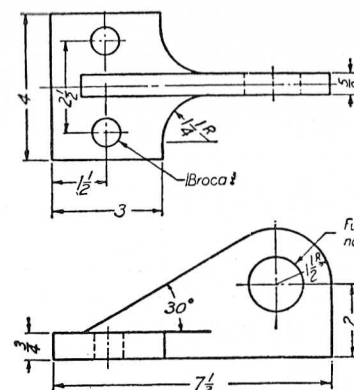



Fig. 299 — Suporte de ancoragem

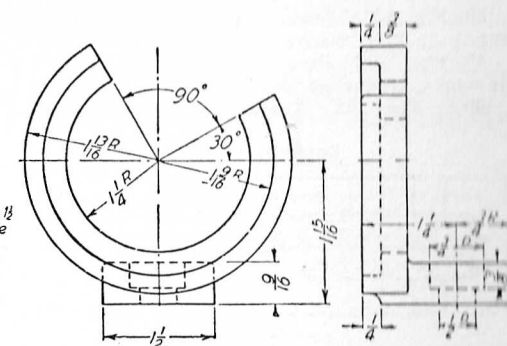



Fig. 300 — Gola do suporte

55. Fig. 299. Dadas a elevação e a planta, acrescentar a vista lateral.
56. Fig. 300. Dadas as vistas de frente e lateral, acrescentar a planta.

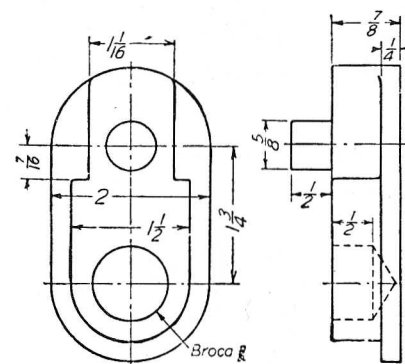



Fig. 301 — Chapa de fixação

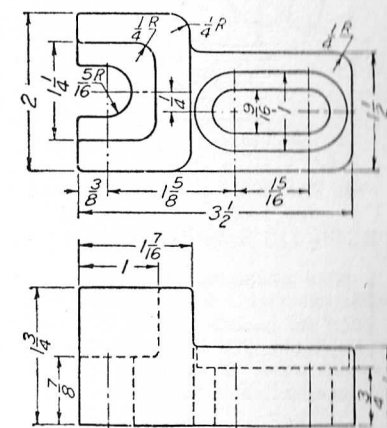



Fig. 302 — Suporte de ferramenta

57. Fig. 301. Dadas as vistas de frente e lateral, desenhar as três vistas.
58. Fig. 302. Dadas a elevação e a planta, acrescentar as duas vistas laterais.

Fig. 303 — Junção

59. Fig. 303. Dada uma vista da metade condutora de um acoplamento, desenhar as três vistas.
60. Fig. 303. Dada uma vista do disco e outra da metade conduzida do acoplamento, traçar as três vistas de cada uma destas peças.
60 A. Fig. 303. Traçar as três vistas do acoplamento montado.

Fig. 304 — Forquilha da haste

Fig. 305 — Cursor

61. Fig. 304. Dadas a elevação e a planta, acrescentar a vista lateral direita.

GRUPO III. Substituição de vistas. Exercícios de 62 a 69.

Este grupo constitui o teste mais difícil proposto à imaginação do leitor. Estes exercícios são dados a fim de desenvolver a aptidão de conceber no espaço a peça em questão e, através de sua imagem mental, desenhar as vistas pedidas assim como elas se apresentam, quando o objeto é olhado segundo as direções especificadas. O estudante terá seu trabalho facilitado, seja fazendo um esboço em perspectiva, seja modelando a peça em argila, antes de iniciar o desenho.

62. Fig. 305. Dadas a planta e a elevação, traçar uma nova elevação, nova planta e a vista lateral. Supõe-se que a peça gire de modo que a face posterior se torne anterior. O perfil da nervura é reto.
63. Fig. 306. Dadas as vistas de frente, lateral esquerda e inferior, traçar as vistas de frente, superior e lateral direita.

Fig. 306 — Suporte

Fig. 307 — Suporte em ângulo

Fig. 308 — Suporte de árvore

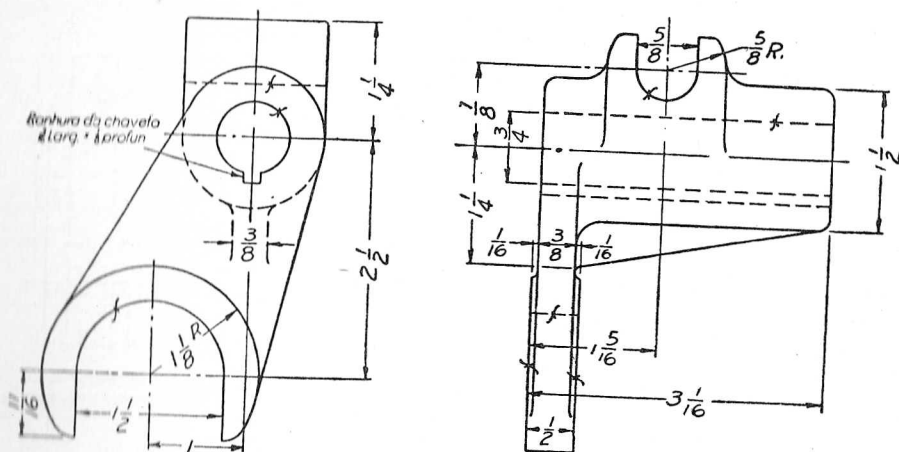



Fig. 309 — Garfo de mudança

64. Fig. 307. Dadas as vistas de frente, lateral direita e inferior, traçar as vistas de frente, superior e lateral esquerda.

65. Fig. 308. Dadas as vistas posterior, inferior e lateral esquerda, desenhar as vistas de frente, superior e lateral direita.

66. Fig. 309. Dadas as vistas de frente e lateral esquerda, traçar as vistas de frente, lateral direita e superior.

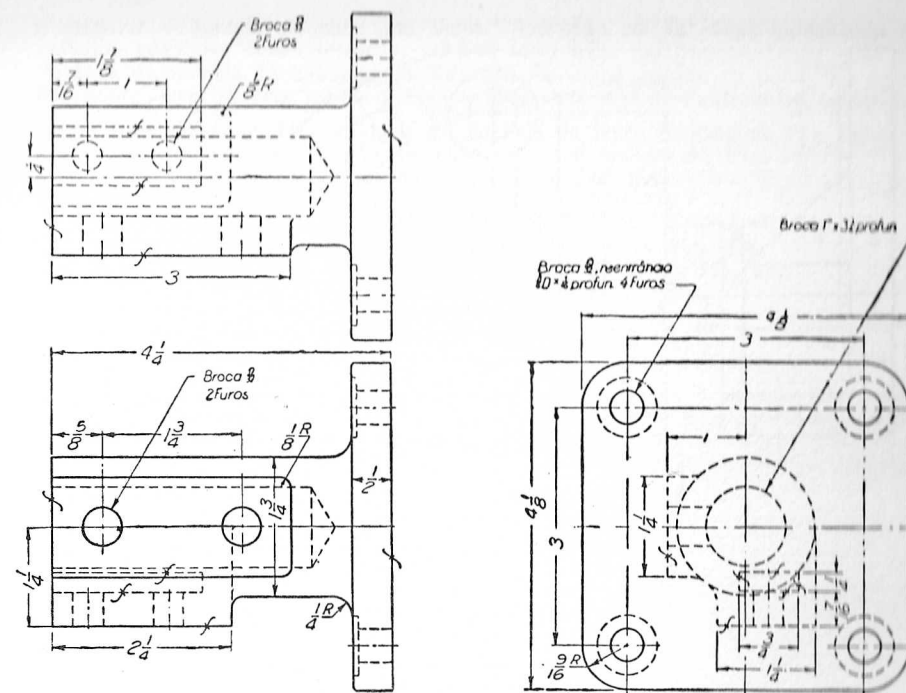



Fig. 310 — Base da ferramenta

67. Fig. 310. Dadas a planta e a vista lateral direita, conforme a segunda disposição, e mais a vista posterior, traçar a planta, a elevação e a vista lateral esquerda.

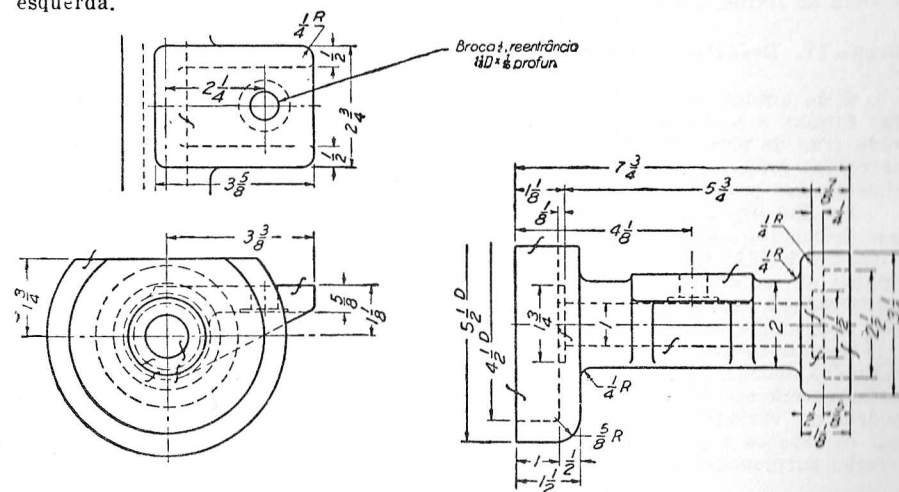



Fig. 311 — Suporte do indicador

68. Fig. 311. Dadas as vistas de frente e lateral esquerda, e um detalhe do apoio, traçar a vista de frente, a superior e a lateral direita.

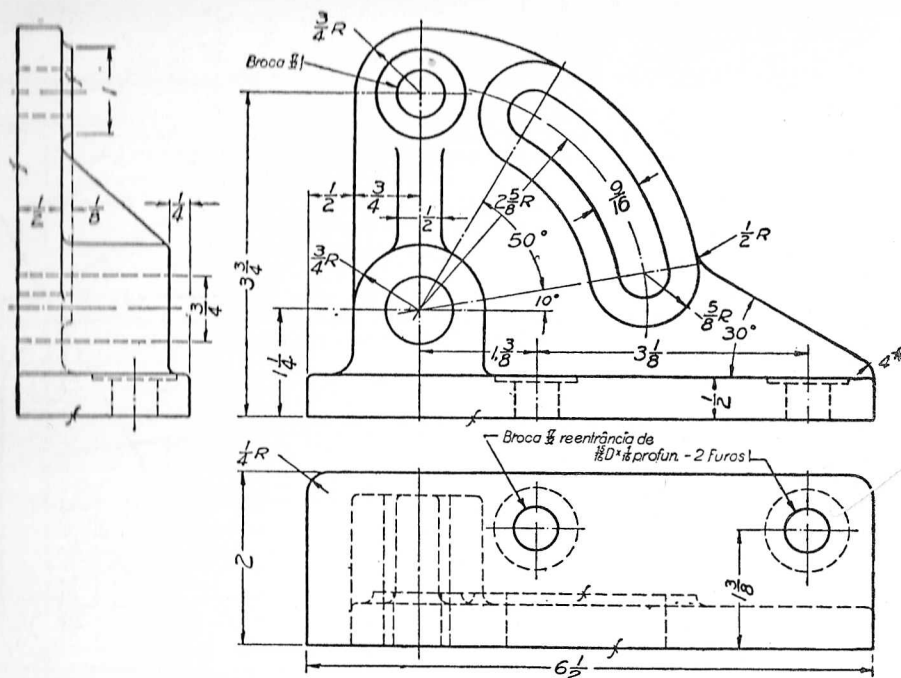



Fig. 312 — Suporte com setor

69. Fig. 312. Dadas as vistas de frente, lateral esquerda e inferior, pedem-se: a vista de frente, a lateral direita e a superior.

Grupo IV. Desenho de memória.

É de grande vantagem para o engenheiro exercitar a memória na fixação das formas e proporções dos objetos. A memória visual pode atingir um elevado grau de precisão e vigor, quando exercitada, por uma série conveniente de exercícios gráficos, os quais devem ser começados, tão logo se adquira o conhecimento das projeções ortogonais.

Escolha um objeto que ainda não tenha sido utilizado anteriormente. Seja, por exemplo, o da Fig. 230 ou 231, ou ainda qualquer um dos apresentados nas Figs. 245 a 286. Observe-o atentamente por algum tempo (de 5 segundos a ½ minuto ou mais), feche o livro e trace a mão livre, suas projeções ortogonais, conferindo-as depois com o original e corrigindo qualquer erro ou omissão. Repita a operação com várias outras figuras.

No dia seguinte, tendo por base um rápido exame do objeto (durante 2 segundos apenas) execute novamente as projeções ortogonais do dia precedente. Êstes exercícios, de acordo com o indicado no parágrafo 361 do capítulo XXI, podem ser variados de diversas formas, quando já se domina a técnica de traçar os esboços a mão livre. Se eles forem continuados com entusiasmo, fortalecerão surpreendentemente o poder de observação.

Grupo V. Determinar com a régua de cálculo o peso e o volume das peças.

Para calcular o peso de uma peça, por intermédio de seu desenho, é preciso decompô-la em sólidos geométricos (prismas, cilindros, pirâmides, cones)

e calcular o volume de cada um deles. Somando ou às vezes subtraindo os volumes parciais, determina-se o volume total que, multiplicado pelo peso da unidade de volume do material considerado, dar-nos-á o peso da peça. No apêndice desta obra há uma tabela que dá o peso específico dos diferentes materiais.

70. Determinar o peso do bloco, em degrau, de ferro fundido da Fig. 245.
71. Determinar o peso do pára-choque de ferro forjado da Fig. 247.
72. Determinar o peso da cunha de latão da Fig. 248.
73. Determinar o peso do encaixe de latão da Fig. 251.
74. Determinar o peso do apoio de locação de ferro maleável da Fig. 258.
75. Determinar o peso da base guia de alumínio da Fig. 260.
76. Determinar o peso do excêntrico de aço fundido da Fig. 262.
77. Determinar o peso do bloco de alumínio da Fig. 291.
78. Determinar o peso da sapata de latão da Fig. 292.
79. Determinar o peso da chapa de bronze da Fig. 301.
80. Determinar o peso do suporte de ferro fundido da Fig. 308.

A relação acima constitui a série de exercícios para o cálculo dos pesos. Entretanto, muitos outros, tais como o do volante da Fig. 610, podem ser dados.

CAPÍTULO VIII

VISTAS AUXILIARES

115. Uma superfície só se apresenta com sua verdadeira forma, quando projetada sobre um plano que lhe é paralelo. Como a maioria dos objetos têm formas retangulares, podem ser colocados de modo que suas três faces principais sejam paralelas aos três planos de projeção. Ficam pois completamente representados pelas vistas principais. Algumas vezes, entretanto, o objeto terá uma ou mais faces inclinadas cuja forma verdadeira é desejável ou necessário mostrar, principalmente se ela tem um contorno irregular.

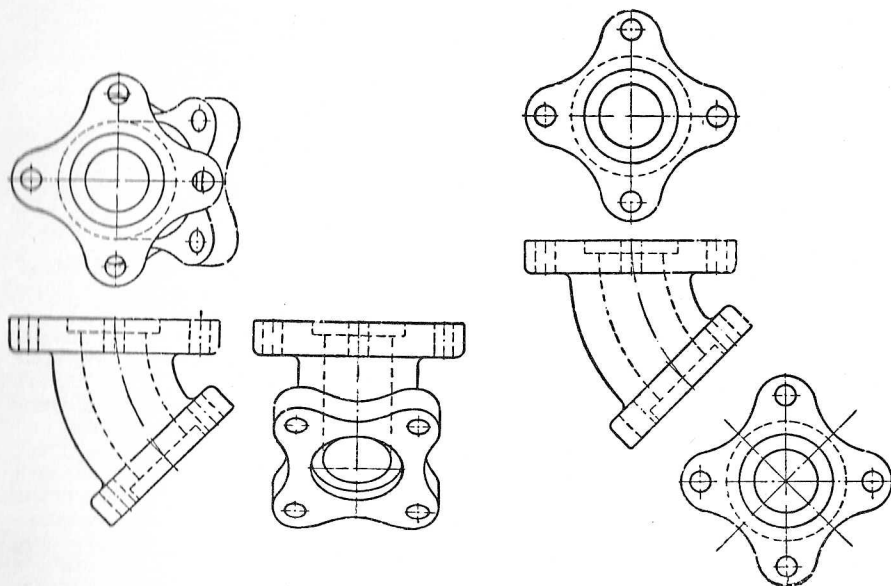



Fig. 313 — Vistas de frente, superior e lateral direita

Fig. 314 — Vistas de frente, parcial superior e auxiliar

Um exemplo disso é a curva com flanges da Fig. 313, cuja face irregular e inclinada não se projeta em verdadeira grandeza em qualquer das vistas principais, o que dificulta o seu traçado.

A Fig. 314 mostra a maneira mais prática e fácil de se escolher as vistas para a representação desta peça, mediante o emprego das cha-

madas ***vistas auxiliares***, *as quais são obtidas olhando-se de frente as faces inclinadas do objeto,* isto é, imaginando-se uma projeção sobre um plano auxiliar paralelo à face e rebatido sobre o plano do papel.

116. Definição. *Vista auxiliar é a projeção de um objeto sobre um plano perpendicular a um dos planos principais de projeção e inclinado em relação aos outros dois.* O plano auxiliar será então representado por uma linha, no plano que lhe é perpendicular. Emprega-se a vista auxiliar para obter a forma verdadeira de uma superfície inclinada, devendo pois o plano auxiliar ser sempre paralelo à superfície inclinada. Por isso é o seu traço paralelo ao da face inclinada.

Fig. 315 — Direções segundo as quais são tomadas as elevações auxiliares

Rebate-se o plano auxiliar sobre o plano do papel considerando-o como se tivesse dobradiças sobre o plano que lhe é perpendicular. Note-se que, quando o traço de uma face inclinada não aparece em nenhum dos três principais planos de projeção, ela corresponde a uma superfície *oblíqua* e são necessárias, como veremos no parágrafo 124, duas operações para determinar sua verdadeira forma.

Fig. 316 — Elevação auxiliar

Ao projetar-se um objeto sobre um plano auxiliar, a face da superfície inclinada aparecerá com sua forma real, mas as outras faces ficarão evidentemente deformadas e na prática elas são usualmente omitidas, como na Fig. 314, embora a execução da vista completa ajudasse o estudante a aprender o assunto.

117. Elevações auxiliares. Há três espécies de vistas auxiliares: primeiro, as *elevações auxiliares,* obtidas sobre planos perpendiculares ao plano horizontal e inclinados em relação aos outros dois, em outras palavras, as diferentes vistas que se apresentam a um observador que caminha em torno do objeto, descrevendo uma circunferência e partindo de um ponto de onde possa ver a vista de frente, conforme indica a Fig. 315. Neste passeio o observador passará sucessivamente pelos pontos de onde se avistam as vistas lateral direita, posterior, lateral esquerda e novamente a vista de frente. As vistas tomadas de qualquer outro ponto da circunferência serão as elevações auxiliares. Elas devem, portanto, ser tomadas da posição anterior direita, posterior direita, posterior esquerda e anterior esquerda. Em qualquer desenho a vista de frente ou elevação indica a *altura* do objeto. Nas elevações auxiliares o observador olha segundo uma direção horizontal. Portanto, a altura de qualquer ponto, nestas projeções, é idêntica à da vista de frente. Assim todas as alturas serão medidas a partir do plano horizontal de referência.

Na Fig. 316 a extremidade direita da peça é oblíqua em relação ao plano vertical e de perfil e é perpendicular ao horizontal, o traço de sua face é portanto visto na planta e sua forma verdadeira não aparece nem na vista de frente, nem na lateral. Se tomarmos uma elevação auxiliar, como se estivéssemos olhando a superfície de frente, esta apareceria em verdadeira grandeza. Admite-se que o plano horizontal de referência (*PHR*) seja traçado pela base do objeto. Desenha-se então o traço do plano auxiliar sobre este, paralelo à projeção horizontal da face inclinada e tiram-se linhas de chamada pelos pontos da planta correspondentes à face inclinada perpendicularmente ao traço do plano auxiliar, transportando-se as alturas, da vista de frente. A vista auxiliar da base não foi completada porque já está inteiramente representada na planta e na vista de frente.

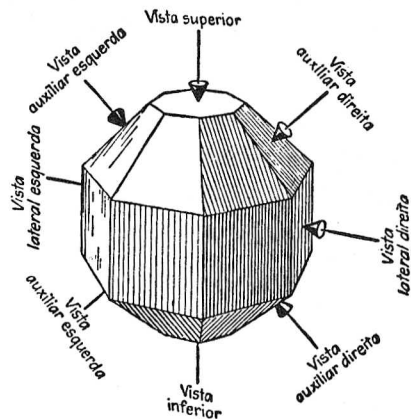



Fig. 317 — Direções segundo as quais são tomadas as vistas auxiliares da direita e da esquerda

118. Vistas auxiliares direita e esquerda. As vistas auxiliares direita e esquerda correspondem ao segundo grupo, que é o que ocorre mais freqüentemente são obtidas sobre planos perpendiculares ao vertical e inclinados em relação ao horizontal; estas projeções podem ser concebidas como as observadas por alguém que se desloca em torno do objeto, descrevendo uma circunferência, situado em um plano frontal, e partindo de um ponto de onde possa ver a vista lateral direta, movimentando-se então no sentido contrário ao dos ponteiros de um relógio, até situar-se acima do objeto de modo a ver a planta, Fig. 317.

A vista tomada de qualquer ponto situado entre estas duas posições é uma vista auxiliar direita. Prosseguindo, qualquer ponto do círculo entre a planta e a vista lateral esquerda nos dá uma vista auxiliar esquerda. Analogamente estas vistas auxiliares direita e esquerda podem ser imaginadas como sendo tomadas da metade inferior da circunferência considerada, assim como indica a figura. As profundidades em todas estas

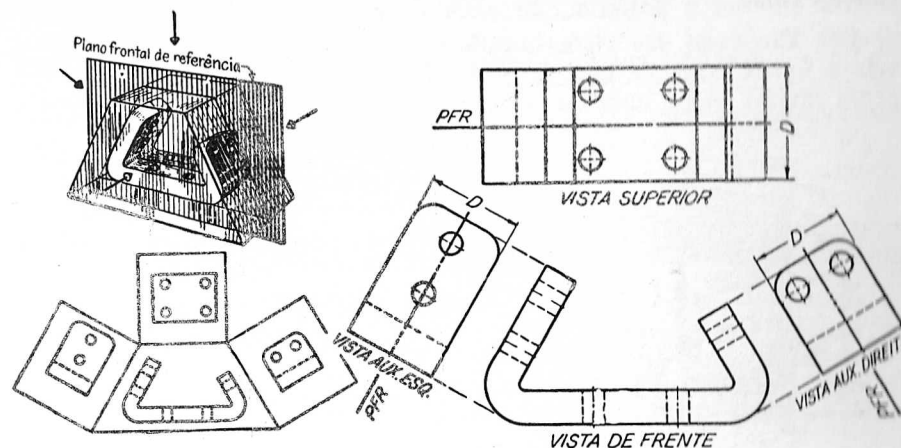



Fig. 318 — Vistas auxiliares direita e esquerda

vistas auxiliares são exatamente as mesmas que as da planta e da vista lateral. Todas as medidas correspondentes às profundidades nas vistas auxiliares direita e esquerda, serão, portanto, tomadas a partir de um plano frontal de referência (*PFR*). A Fig. 318 indica a vista de frente e superior de uma placa curva, e o emprego de parte das vistas auxiliares direita e esquerda, para mostrar a forma e os furos das extremidades. As vistas auxiliares são deduzidas da vista de frente por meio de linhas de chamada e suas profundidades são tiradas da planta, medindo-se de ambos os lados do plano frontal de referência, a partir do eixo de simetria da peça

119. Vistas auxiliares anterior e posterior. Elas constituem o terceiro grupo de vistas auxiliares e são obtidas sobre planos perpendiculares ao plano de perfil. Os pontos de observação para estas vistas estão situados sobre a circunferência do plano de perfil que passa pelos pontos de onde foram tomadas a vista de frente, a planta, a vista posterior e a vista inferior, como ilustra a Fig. 319. A Fig. 320 indica-nos a maneira de empregar parte da vista auxiliar anterior, deduzindo-a da vista lateral, juntamente com a vista lateral e a vista de frente parcial, a fim de representar a peça ilustrada. O plano de perfil de referência (*PPR*), cujos traços aparecem na vis-

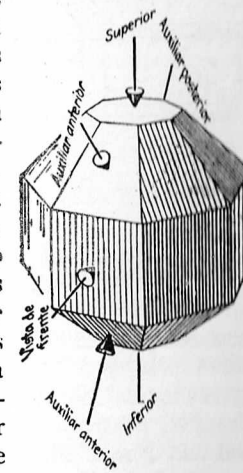



Fig. 319 — Direções segundo as quais são tomadas as vistas auxiliares anterior e posterior

ta de frente e na auxiliar anterior, será tomado pelo centro da peça se essa for simétrica. As medidas serão pois, tiradas da vista de frente e transferidas para um e outro lado do traço do plano de perfil de referência, na projeção auxiliar.

Observe-se que a elevação auxiliar é sempre deduzida da *planta;* as vistas auxiliares esquerda ou direita, da vista *de frente* e as vistas auxiliares anterior e posterior, da vista *lateral.*

120. Emprego das vistas auxiliares. Uma vista auxiliar não só revela a forma exata de uma parte inclinada da peça, como também dispensa muitas vezes uma ou mais das vistas principais. Outro emprego

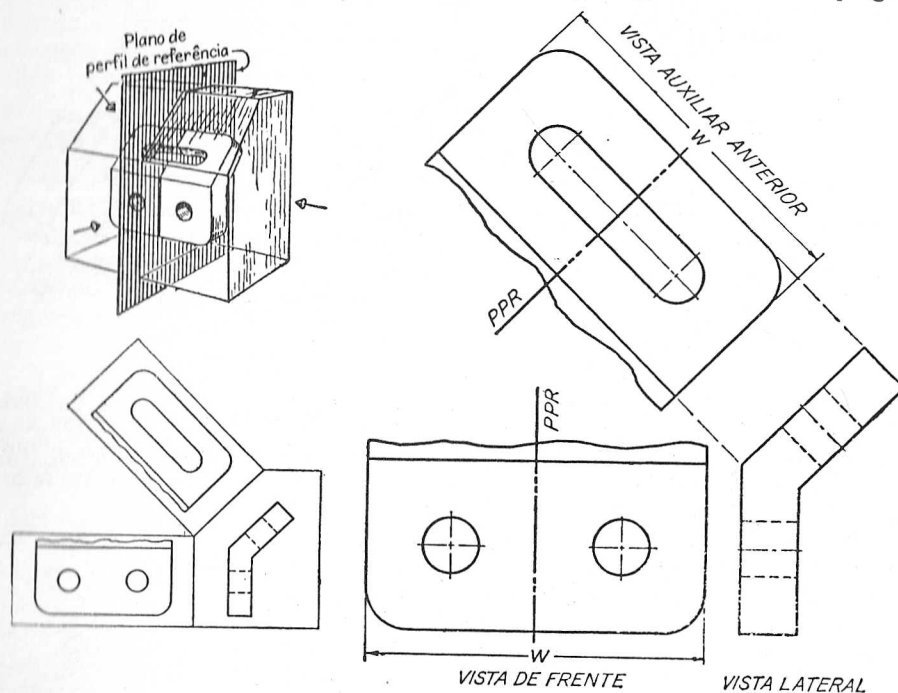



Fig. 320 — Vista auxiliar anterior

importante das vistas auxiliares ocorre quando uma das vistas principais, mostrando uma parte do objeto em tamanho reduzido, não pode ser desenhada antes do traçado de uma vista auxiliar que indique a verdadeira forma da peça, e da qual se possa deduzir então a parte que corresponde à vista principal. A Fig. 321 ilustra este caso. Na prática empregam-se largamente as vistas auxiliares, as quais são em geral representadas parcialmente, mostrando a parte do objeto que é paralela ao plano auxiliar, como nas Figs. 316, 318 e 320, onde nada se ganharia em traçar a projeção completa da peça. Um outro exemplo é o da peça fundida, desenhada em perspectiva na Fig. 322, e cuja representação deve ser feita executando-se o traçado parcial não só das duas vistas auxiliares como

também da planta. A Fig. 323 ilustra o caso de um desenho cotado, com vista auxiliar direita, a qual torna desnecessárias a planta e as linhas ocultas da vista lateral esquerda. As vistas auxiliares devem ser colocadas a uma distância conveniente da vista de onde são deduzidas.

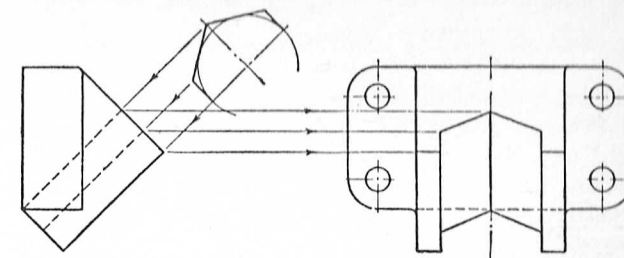



Fig. 321 — Emprego de traçado auxiliar para se completar o desenho da vista de frente

121. Modo de traçar uma vista auxiliar. O segredo da rápida e fácil execução de uma vista auxiliar consiste em localizar e desenhar o traço do plano de referência na vista principal e depois nas vistas auxiliares. No caso de uma *elevação auxiliar,* traça-se em *primeiro* lugar o traço do plano horizontal de referência, a partir do qual serão medidas

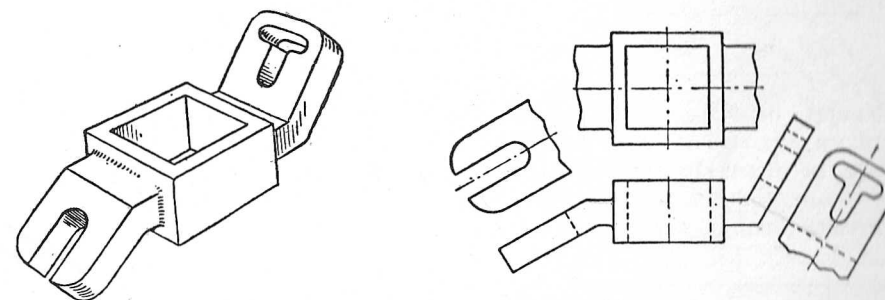



Fig. 322 — Emprego de vistas parciais

as alturas, na vista de frente. O traço do *PHR* pode ser feito em qualquer lugar, acima, abaixo ou pelo meio da vista. Para um objeto apoiado sobre a base, o plano que passa por ela será tomado como plano horizontal de referência, é o caso do *PHR* da Fig. 316. Quando a vista de frente é simétrica em relação a um eixo horizontal, Fig. 324 *A*, o plano de referência deverá passar por ele. Em *segundo* lugar, desenha-se o traço do plano de referência para a vista auxiliar, paralelo e a uma distância conveniente da face da planta que se quer representar, Fig. 324 *B*. *Terceiro,* pelos pontos do objeto, representados na planta, traçam-se as linhas de chamada perpendicularmente ao plano de referência da vista auxiliar (*C*), medem-se suas distâncias H e H_1 em relação ao plano de referência, na vista de frente (*D*) e transportam-se estas medidas, com o compasso de pontas secas ou com a escala, para a vista auxiliar, medindo-as a partir

do plano auxiliar de referência. Completa-se o desenho conforme as ilustrações *E* e *F*.

Note-se que qualquer medida feita na direção da planta é marcada também nesta direção. Observe-se ainda que, na Fig. 324, a vista de frente não pode ser terminada sem o emprego da vista auxiliar. Para se

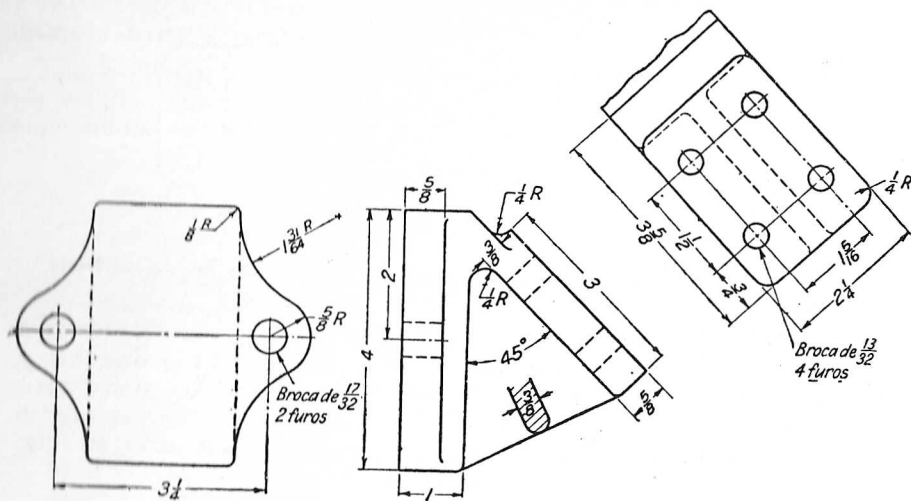



Fig. 323 — Desenho para execução, com vista auxiliar

executar, na vista de frente, os arcos de circunferência, cuja forma verdadeira aparece na vista auxiliar, escolhem-se pontos convenientes nesta vista, os quais são então transportados para a planta e daí para a vista de frente. Sobre estas linhas de chamada, marcam-se as distâncias H e H_1 da vista auxiliar, para se ter os pontos correspondentes na vista de frente.

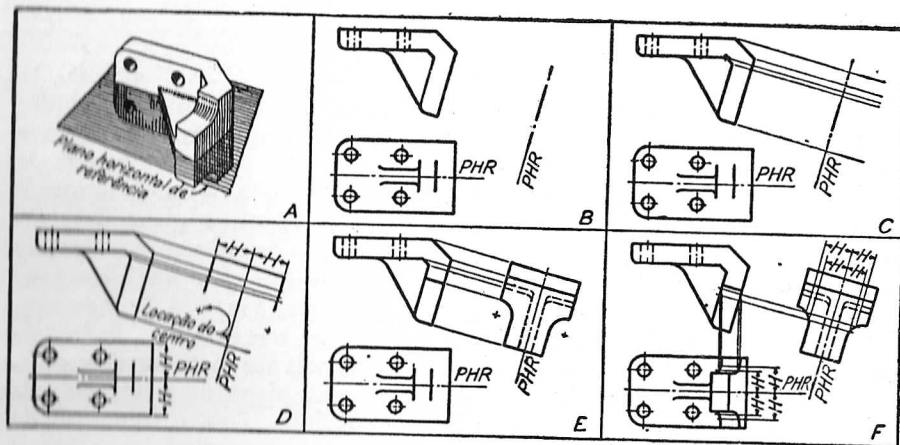



Fig. 324 — Fases do traçado de uma elevação auxiliar

122. Traçado de uma vista auxiliar direita. O plano de referência para uma vista auxiliar direita ou esquerda será um plano frontal cujo traço *PFR* aparece na planta. Se a planta for simétrica será mais conveniente fazer coincidir o traço do plano de referência com o eixo de simetria da peça e, se não o for, ele será localizado na face posterior do objeto e as vistas serão executadas progressivamente como mostra a Fig. 325.

Traça-se o plano frontal de referência (*PFR*), da vista auxiliar, paralelo à face inclinada da vista de frente, Fig. 325 *B*. A seguir pelos pontos desta face na vista de frente, traçam-se as linhas de chamada para a vista auxiliar. A profundidade desta é idêntica à da planta, medem-se pois as diferentes profundidades, na planta, a partir do plano de referência, as quais são então transportadas para a vista auxiliar, a partir ainda do mesmo plano, como em *D*. Observe-se que os pontos, na planta, estão situados na frente do plano de referência e que portanto na vista

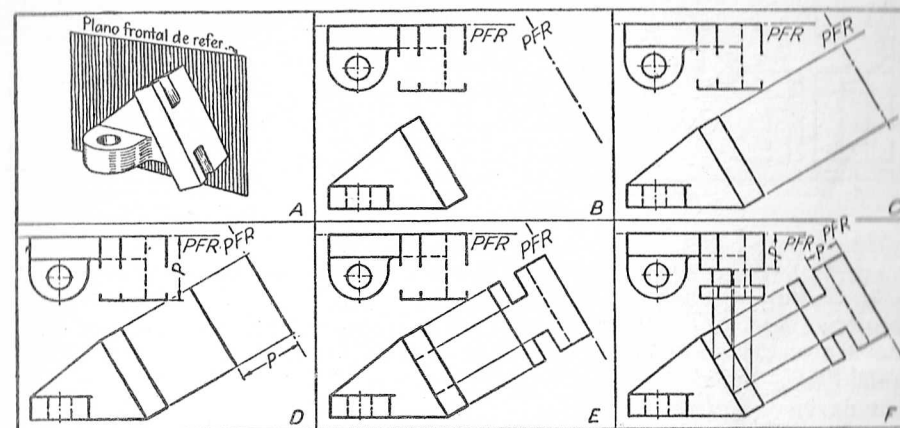



Fig. 325 — Fases do traçado de uma vista auxiliar direita

auxiliar são marcados adiante de seu traço. Complete-se esta vista conforme o indicado em *E*. Repare-se outra vez que o traçado do entalhe na planta não se completou senão depois de executada a vista auxiliar, *F*.

Uma *vista auxiliar esquerda* exigiria evidentemente o mesmo procedimento, feitas as adaptações necessárias.

123. Traçado de uma vista auxiliar anterior ou posterior. Como as vistas auxiliares anterior e posterior são sempre deduzidas das laterais, necessita-se de uma destas bem como da vista de frente e da planta, a fim de executar o seu traçado. O plano de referência será um plano de perfil, cujo traço aparecerá na vista de frente e na planta. Se a vista de frente for simétrica em relação a um eixo vertical, faz-se passar o plano de perfil de referência (*PPR*) por este eixo, ou, em caso contrário, à direita ou esquerda do mesmo, como na Fig. 326 *A*. Situa-se o traço do plano de referência para a vista auxiliar, paralelo à projeção da face inclinada na vista lateral. Por esta traçam-se as linhas de chamada perpendiculares

ao traço do plano de perfil, e marcam-se as larguras correspondentes à vista auxiliar, as quais são tiradas da vista de frente, notando-se que as medidas, tomadas na vista de frente na direção da vista lateral, são transportadas para a vista auxiliar também neste sentido. Estude as diferentes fases do traçado na Fig. 326.

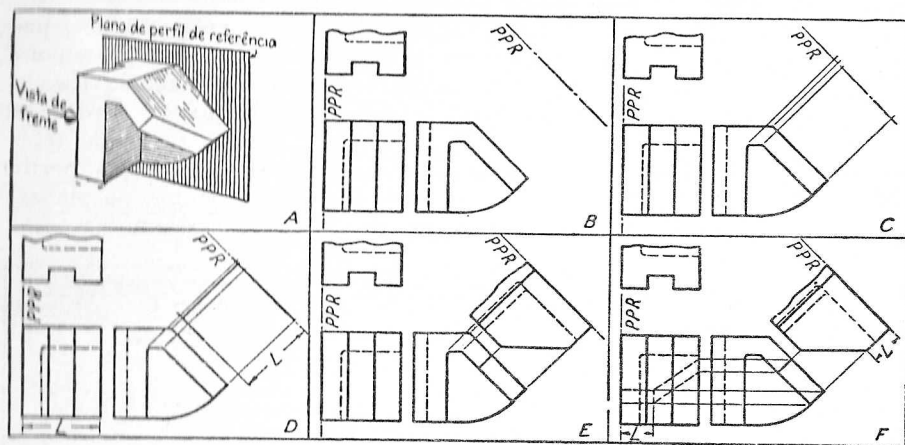



Fig. 326 — Fases do traçado de uma vista auxiliar posterior

124. Vistas auxiliares oblíquas ou duplas. Para se traçar a forma real de uma superfície oblíqua em relação aos três planos principais de projeção, Fig. 327, são necessárias duas operações: *primeiro,* traçar uma nova projeção do objeto de modo que a superfície inclinada se projete segundo uma linha; *segundo,* traçar uma vista auxiliar da vista anterior, indicando a forma verdadeira da face oblíqua.

Definimos a vista auxiliar como a obtida sobre um plano perpendicular a qualquer um dos planos principais de projeção e inclinado em relação aos outros dois. Será necessário, portanto, tomar a vista da superfície oblíqua segundo uma direção tal, que ela se apresente, nesta vista, segundo uma linha. Só então se pode executar a projeção auxiliar que indica sua forma real. Para se obter a projeção do perfil da superfície, tomar-se-á em primeiro lugar uma vista auxiliar, cujo plano de projeção seja, ao mesmo tempo, *perpendicular* à superfície inclinada e a um dos planos principais de projeção.

Fig. 327 — Direções segundo as quais são tomadas as vistas auxiliares oblíquas

Se, na Fig. 328, a superfície oblíqua da guia enviesada for observada na direção da seta 1, ou, em outras palavras, se for projetada sobre o plano vertical de referência *PR*, que lhe é perpendicular, a superfície será vista segundo uma linha e a projeção, depois de rebatido o plano de projeção sobre o plano do papel,

se apresentará como em *B*. Se a superfície oblíqua for então olhada, segundo a direção da seta 2, isto é, na direção perpendicular à face, aparecerá em verdadeira grandeza, como em *C*.

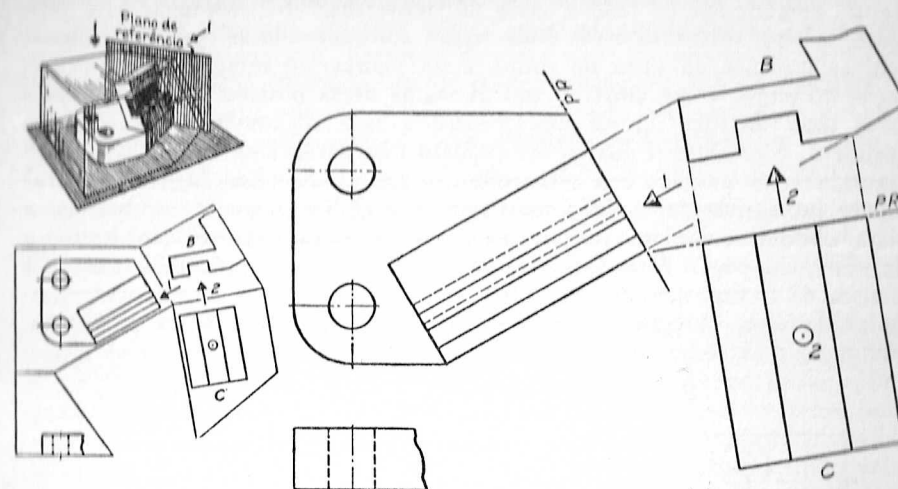



Fig. 328 — Vistas auxiliares duplas ou oblíquas

A Fig. 329 ilustra as duas operações sucessivas, mostrando primeiro uma elevação auxiliar (*B*), tomada numa direção horizontal paralela à linha *AB* da superfície oblíqua, segundo a qual a linha se projeta conforme um ponto e a superfície segundo uma linha.

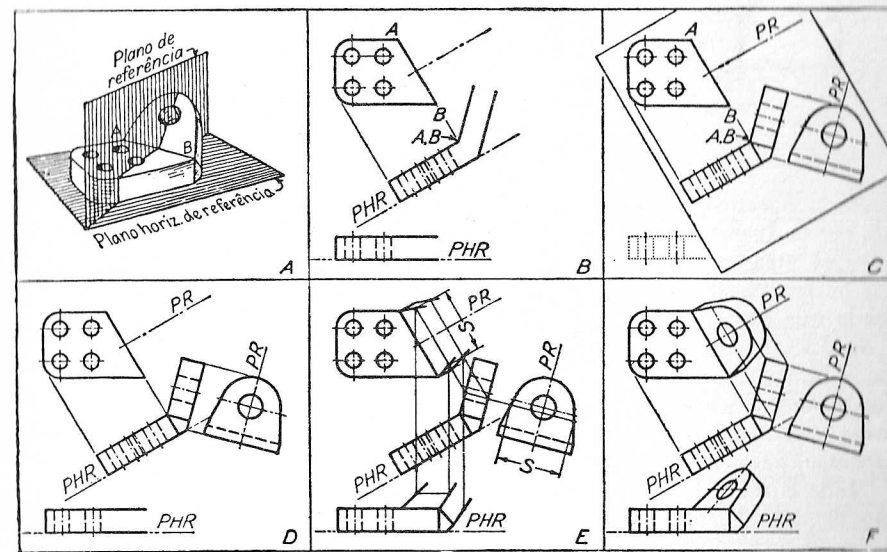



Fig. 329 — Fases do traçado de uma vista auxiliar oblíqua

Faz-se, então, uma segunda vista auxiliar, olhando-se diretamente de frente a face inclinada. Esta é então traçada em função da planta e da elevação auxiliar, como se fossem duas vistas comuns, planta e vista de frente, deixando-se de lado a vista de frente real. Ao empregar este processo, o leitor orientará estas duas vistas, considerando-as como se ocupassem as posições da vista de frente e da planta, ou imaginando uma rotação do papel, como em *C*. Com as vistas nesta posição é muito simples fazer uma auxiliar direita que mostre a face inclinada em verdadeira grandeza, consoante o que já foi exposto nos parágrafos 118 e 122. Esta segunda vista auxiliar é a vista oblíqua procurada. Em *D*, o enquadramento indicativo da rotação, mostrado em *C*, foi removido e aparece a vista oblíqua completa juntamente com as vistas parciais de frente e de cima, da peça. *E* e *F* ilustram o modo de se completar a planta e a vista de frente, quando necessário, por meio de linhas de chamada baixadas da vista oblíqua. Observe-se que o plano de referência para esta,

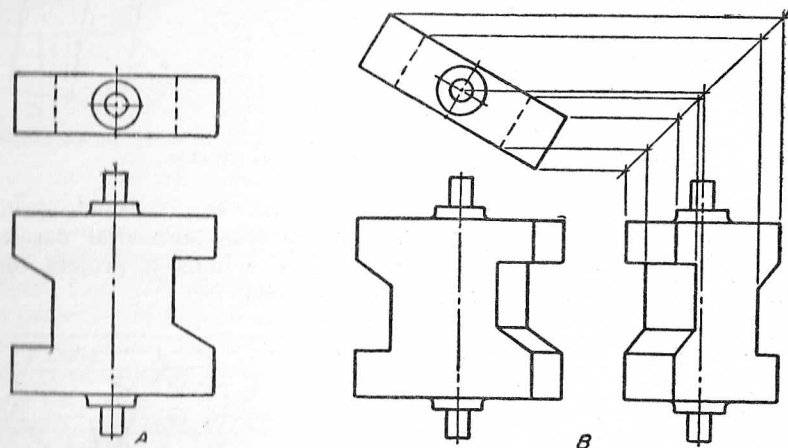



Fig. 330 — Rotação em torno de um eixo vertical

passa pelo centro do furo e é perpendicular ao plano horizontal. Escolher um ponto qualquer *P* da vista oblíqua e, por meio de linhas de chamada, conduzidas através da vista auxiliar, determinar os pontos correspondentes nas outras vistas, isto é, a partir da vista auxiliar, traçar as linhas de chamada que cortam na planta o plano de referência, em *C* e *D*; medir então a distância *S* na vista oblíqua e transportá-la para a planta; traçar agora as linhas de chamada da planta para a vista de frente e medir a altura dos pontos a partir do traço do plano de referência, na vista auxiliar, alturas que são então transferidas para a vista de frente. Repete-se este processo para tantos pontos quantos forem necessários.

125. Rotação. Este termo, no desenho projetivo, refere-se à rotação de um objeto, a partir de uma dada posição, em torno de um eixo perpendicular a um dos planos de projeção. Admite-se geralmente que o eixo passe através do objeto ou lhe seja tangente, sendo o *sentido* da

rotação indicado sobre a vista em que o eixo se projeta segundo um ponto, e podendo coincidir com o sentido do movimento dos ponteiros de um relógio ou não. A *amplitude* da rotação será especificada em graus ou pela nova posição que tomará uma face ou aresta dada.

A rotação tem por *objetivo* tornar possível o traçado de um objeto em uma posição oblíqua, partindo de uma mais simples e depois girando-o até a posição desejada, ou inversamente sendo dado o desenho de um objeto em uma posição oblíqua, representá-lo em uma mais simples, por meio de uma *contra-rotação* que elimine a obliqüidade do objeto.

126. Regra reguladora das rotações. Se se faz girar um objeto em torno de um eixo perpendicular a um plano, (1) a *posição de sua projeção, neste plano, ficará alterada, mas a forma e o tamanho da mesma não sofrerão modificações;* (2) *as dimensões paralelas ao eixo apresentar-se-ão em verdadeira grandeza nas outras vistas. Exemplo*: Se dermos ao objeto de Fig. 330, uma rotação de 30°, a partir da posição *A*, em torno de um eixo vertical, sua forma em planta não mudará, mas tomará a posição mostrada em *B*. A altura vertical de qualquer parte do objeto permanecerá invariável após a rotação, assim a nova vista de frente pode ser determinada, traçando-se por cada ponto da vista de frente primitiva linhas de chamada até encontrarem as correspondentes, tiradas então pelos pontos da nova planta. A vista lateral executar-se-á de acordo com o processo já indicado, conforme mostra a figura.

Para maior clareza é conveniente numerar ou pôr letras sobre os pontos correspondentes de cada vista.

Analogamente, quando se executa a rotação de um objeto, em torno de um eixo horizontal, perpendicular ao plano vertical, como na Fig. 331,

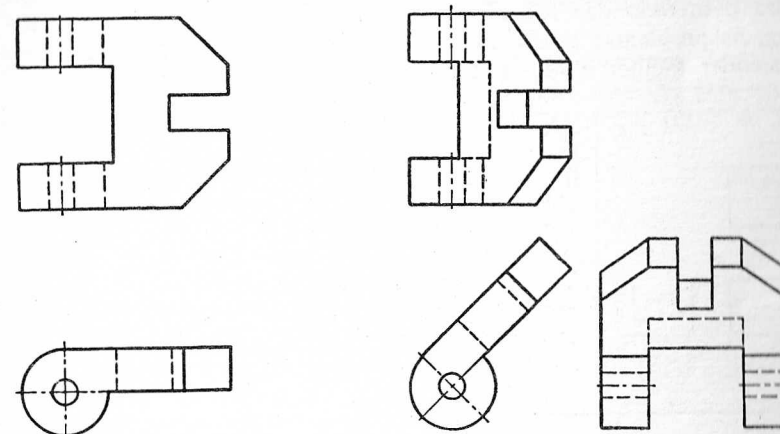



Fig. 331 — Rotação em torno de um eixo horizontal

a vista de frente não muda de aspecto, mas, simplesmente de posição. Determina-se a nova planta pelo encontro das linhas de chamada horizontais, tiradas pela planta original, com as verticais, traçadas a partir da nova vista de frente. A vista lateral é determinada como de costume.

Na rotação para a frente ou para trás, em torno de um eixo perpendicular ao plano de perfil, a vista lateral é a que permanece invariável. A nova vista de frente será, pois, determinada por linhas de chamada horizontais traçadas a partir da vista lateral, depois da rotação, e com as larguras tiradas da vista de frente primitiva, Fig. 332.

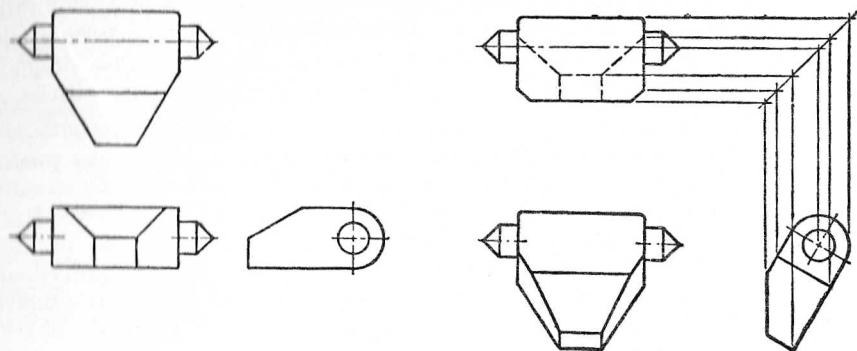



Fig. 332 — Rotação em torno de um eixo perpendicular ao plano de perfil

127. Baseados nestas regras, podemos executar rotações sucessivas. A Fig. 333 mostra uma peça que sofreu primeiro uma rotação de 30°, em torno de um eixo horizontal, e depois uma outra de 45°, em torno de um eixo vertical.

A única diferença entre o método das rotações e o da projeção auxiliar é que, no primeiro, quem se move é o objeto e no último, o observador. O resultado em ambos os casos, conforme ilustra a Fig. 334, é o mesmo. Embora o método das rotações tenha uma aplicação muito reduzida na prática, os problemas resolvidos com o seu auxílio ajudam o estudante a compreender melhor a teoria das projeções.

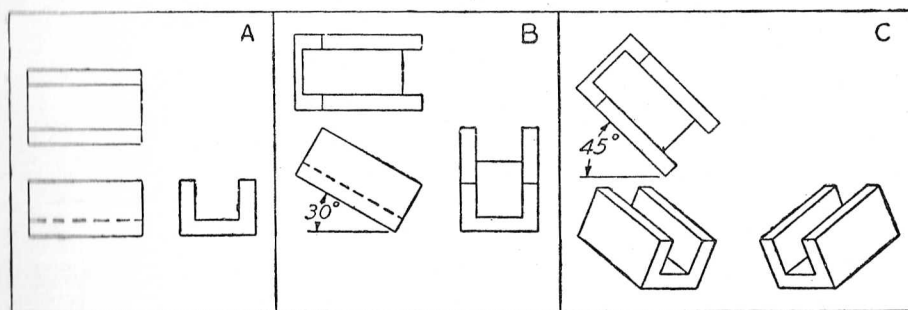



Fig. 333 — Rotações sucessivas

128. Verdadeira grandeza de uma linha. Qualquer linha inclinada em relação aos três planos de projeção não aparecerá em nenhuma das vistas em verdadeira grandeza. Se ela for, entretanto, por meio de uma rotação, colocada em posição paralela a um dos planos de projeção, aparecerá, na vista correspondente a este plano, em verdadeira grandeza. Isto será facilmente compreendido se considerarmos a linha como a geratriz de um cone, Fig. 335. As linhas inclinadas da vista de frente de um cone, dão o comprimento real das geratrizes. Se imaginarmos o cone girando em torno de seu eixo, cada geratriz se tornará por sua vez paralela ao plano de projeção. Se admitirmos, portanto, que a linha AB esteja sobre um cone, como indica a figura, determinar-se-á seu comprimento verdadeiro, girando a planta até que a linha se torne paralela ao plano vertical e traçando, a partir da extremidade que sofreu a rotação, uma linha de chamada até encontrar a linha horizontal que corresponde à base do cone na vista de frente.

A verdadeira grandeza de uma linha pode também ser determinada fazendo-se dela uma vista auxiliar sobre um plano que lhe seja paralelo e ao mesmo tempo perpendicular ao plano de projeção, como se vê na Fig. 336.

Fig. 334 — Comparação entre o método das rotações e da projeção auxiliar

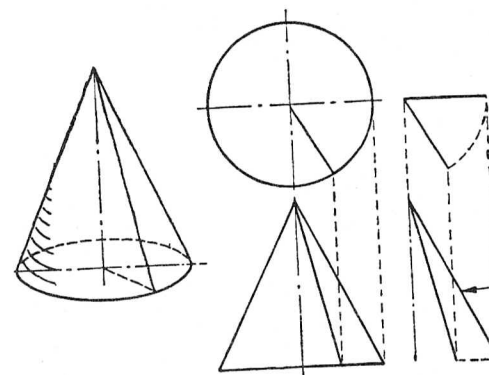



Fig. 335 — Verdadeira grandeza de uma linha, método das rotações

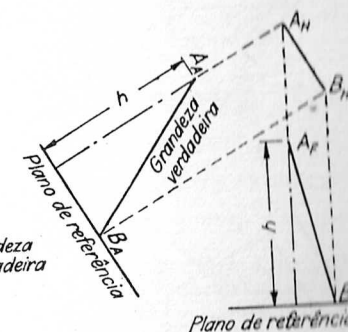



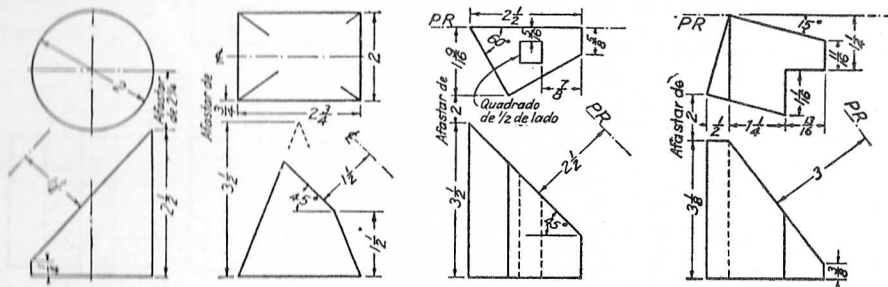
Fig. 336 — Verdadeira grandeza de uma linha, método da projeção auxiliar

EXERCÍCIOS

Grupo I — Vistas auxiliares.
Grupo II — Vistas auxiliares duplas.
Grupo III — Rotação e contra-rotação.
Grupo IV — Verdadeira grandeza das linhas.

Grupo V — Execução das vistas, conforme descrição do objeto.

Grupo I. Vistas auxiliares. Exercícios de 1 a 21.

1, 2, 3 e 4. Figs. 337 a 340. Desenhar as vistas dadas e acrescentar uma vista auxiliar, segundo os eixos ou direções de referência indicadas.

Figs. 337 - 340 — Estudo das vistas auxiliares

5. Fig. 341. Desenhar a vista de frente, a planta parcial e a vista auxiliar esquerda parcial.
6. Fig. 342. Desenhar a vista de frente parcial, a lateral direita, parte da planta e a vista anterior auxiliar parcial.
7. Fig. 343. Dadas as vistas de frente e lateral direita, desenhar a vista de frente e a vista auxiliar direita. O desenho da vista lateral direita será feito se assim o desejar o aluno.

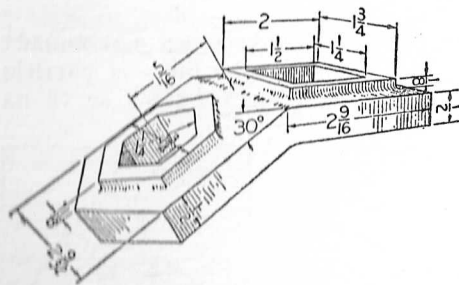



Fig. 341 — Suporte

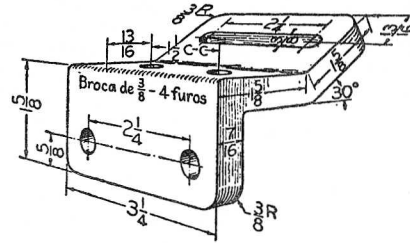



Fig. 342 — Escora ranhurada

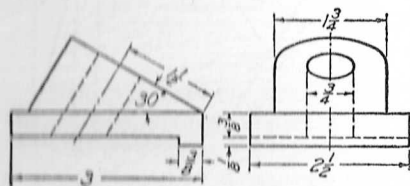



Fig. 343 — Arruela oblíqua

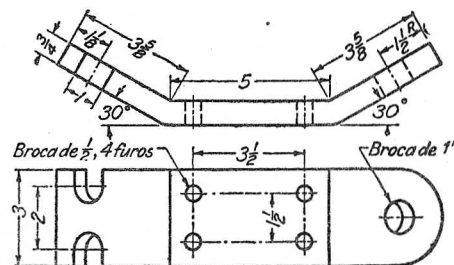



Fig. 344 — Chapa de conexão

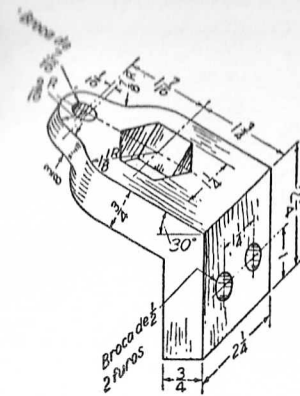



Fig. 345 — Gabarito angular

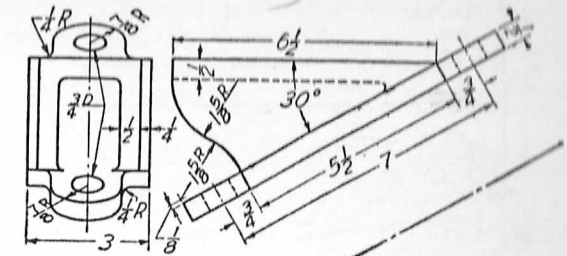



Fig. 346 — Suporte angular

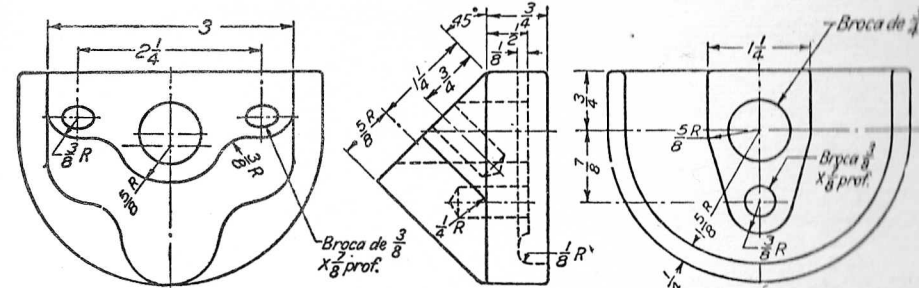



Fig. 347 — Espera do disjuntor

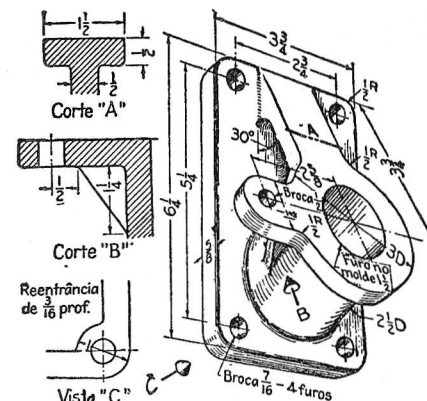



Fig. 348 — Base angular

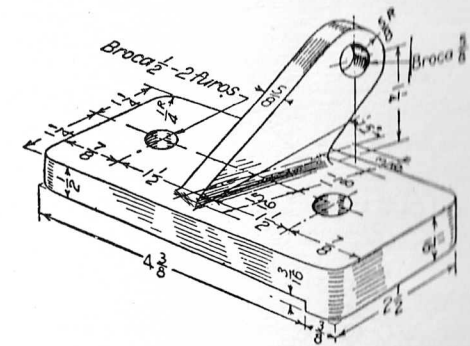



Fig. 349 — Suporte de ancoragem

8. Fig. 344. Desenhar a planta, a vista de frente parcial e duas elevações auxiliares.
9 e 10. Figs. 345 e 346. Determinar quais as vistas completas e parciais que melhor representam a peça, examinando a figura antes de iniciar o desenho.
11. Fig. 347. Dadas as vistas de frente, lateral esquerda e lateral direita, desenhar as vistas de frente, lateral direita e auxiliar esquerda.
12 e 13. Figs. 348 e 349. Determinar quais as vistas parciais e totais que melhor representam a peça, analisando a figura antes de começar o desenho.

Fig. 350 — Placa de impulsão

14. Fig. 350. Desenhar a planta e a elevação auxiliar parcial, e, partindo destas, completar a vista de frente.

Fig. 351 — Tubuladura Diesel

Fig. 352 — "Clipe" de catenária

Fig. 353 — Bloco radial giratório

Fig. 354 — Corrediça oblíqua

Fig. 355 — Suporte de borracha

Fig. 356 — Base universal

Fig. 357 — Escora de fixação

15. Fig. 351. Desenhar a vista de frente e parcialmente: a planta, as vistas auxiliares direita e esquerda e a vista lateral esquerda.

16, 17, 18 e **19.** Figs. 352 a 355. Determinar quais as vistas parciais e totais que melhor representam a peça, examinando o esboço antes de começar o desenho.

20 e **21.** Figs. 356 e 357. Desenhar as vistas necessárias.

Fig. 358 — "Clipe" ajustável

Fig. 359 — Suporte de canto

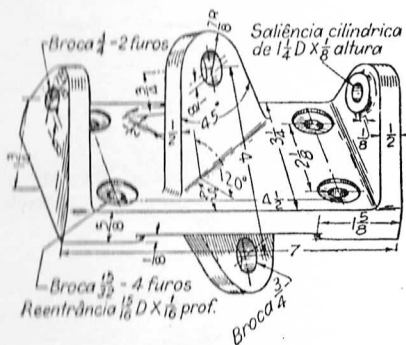



Fig. 360 — Junção transversal

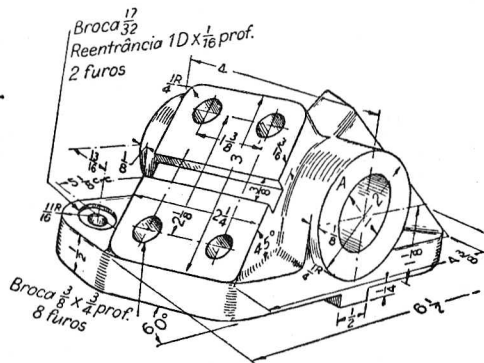



Fig. 361 — Base de ferramenta com chanfro

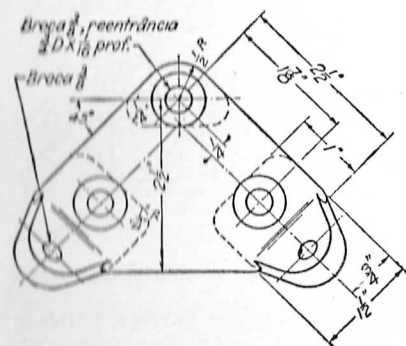



Fig. 362 — Fixador do cabo

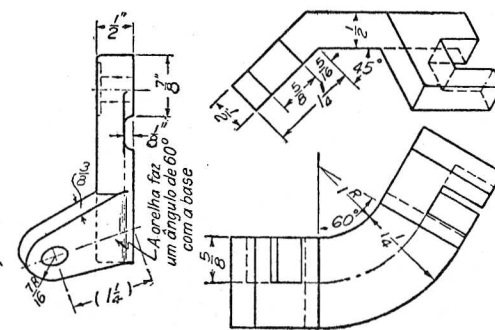



Fig. 363 — "Clipe" recurvado

Grupo II. Vistas auxiliares duplas. Exercícios de 22 a 28.

22 e 23. Figs. 358 e 359. Desenhar as vistas necessárias empregando o processo das vistas auxiliares duplas.

24. Fig. 360. Desenhar a vista de frente, a planta, a lateral esquerda (por meio da planta), a elevação auxiliar (parcial) e a segunda vista auxiliar (começar pela planta, desenhando-a no canto superior direito de um espaço de 254 × 356 mm).

25. Fig. 361. Desenhar a planta, a vista de frente, a elevação auxiliar (parcial) e a segunda vista auxiliar (começar desenhando a planta, no canto superior esquerdo de um espaço de 254 × 356 mm, com a face *A* para trás. A peça é simétrica em relação ao eixo principal).

26 e 27. Figs. 362 e 363. Desenhar as vistas dadas empregando o processo para o traçado das vistas auxiliares duplas.

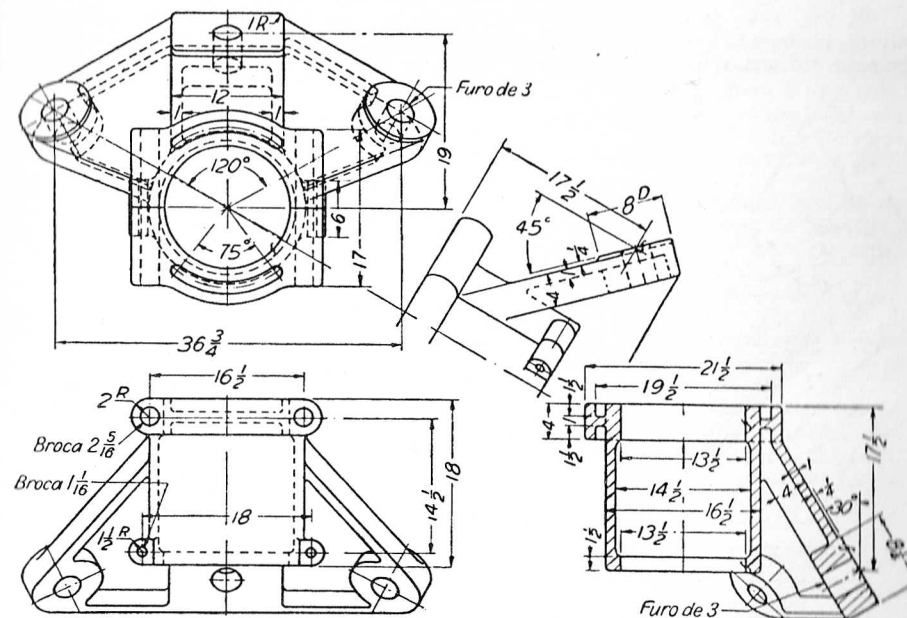



Fig. 364 — Gola e chapéu da cabeça do mastro de um guindaste

28. Fig. 364. Observar a disposição dada, executando as vistas auxiliares necessárias à conclusão do desenho (espaço de 216 mm × 330 mm e escala 1 : 10).

Grupo III. Rotação e contra-rotação. Exercícios de 29 a 31.

29. Fig. 365. (1) Desenhar as três vistas de um dos sólidos de *A* a *K* na posição indicada. (2) Executar uma rotação a partir da posição (1) em torno de um eixo perpendicular ao plano horizontal, com uma amplitude de 15°. (3) Partindo dessa posição (2) executar uma nova rotação de 45° em torno de um eixo perpendicular ao plano vertical. (4) Partindo da posição (1) executar uma rotação para a frente, de 30°, em torno de um eixo perpendicular ao plano de perfil. (5) Da posição (2) executar uma rotação para a frente, de 30°, em torno de um eixo perpendicular ao plano de perfil. (6) Da posição (3) executar uma

rotação para a frente, de 30°, em relação a um eixo perpendicular ao plano de perfil. (4), (5) e (6) podem ser vantajosamente colocados abaixo de (1), (2) e (3) para que as larguras da planta e da vista de frente possam ser projetadas diretamente para baixo.

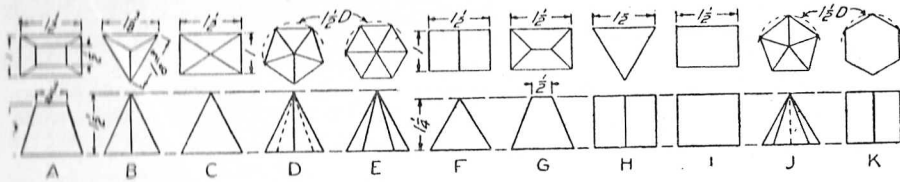



Fig. 365 — Exercícios para emprego de rotações

30. Fig. 366. O triângulo *ABC* é a base de uma pirâmide triangular, cuja altura mede 2 ½", e cujo vértice está eqüidistante de *A*, *B* e *C*. Desfazer a rotação até que a base se torne horizontal, e completar a figura.

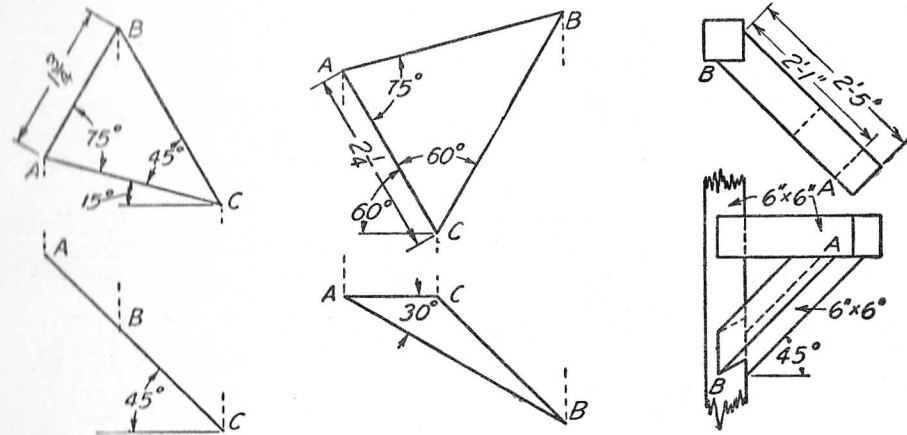



Fig. 366 — Contra-rotação

Fig. 367 — Escora

31. Fig. 366. O triângulo *ABC* é a base de uma pirâmide triangular, cuja altura mede 1 ¼", e cujas faces fazem ângulos iguais com a base. Desfazer as rotações com duas operações até que a base fique horizontal e completar a figura.

Grupo IV. Verdadeira grandeza das linhas. Exercícios de 32 a 36.

32. Determinar a verdadeira grandeza da diagonal de um cubo de 6,5 cm de aresta.

33. Determinar a verdadeira grandeza da aresta de uma das pirâmides da Fig. 365.

34. Fig. 367. Determinar a verdadeira grandeza da linha *AB* e executar o desenho detalhado da escora.

35. Fig. 367. Com a escora na posição da figura, desenhá-la com um comprimento correspondente a 91 cm.

36. Executar o desenho detalhado da escora do exercício 35.

Grupo V. Execução de desenhos, conforme descrição. Exercícios de 37 a 46.

37. Desenhar as três vistas de um cartão triangular de 7 cm de lado, sendo um deles perpendicular ao plano de perfil e fazendo o cartão um ângulo de 30° com o plano horizontal.

38. Desenhar as três vistas de um cartão circular de 6,5 cm de diâmetro, inclinado de 30° em relação ao plano horizontal e perpendicular ao plano vertical. (Determinar oito pontos da curva.)

39. Desenhar as três vistas de um cilindro de 3,8 cm de diâmetro e 5 cm de altura, sendo atravessado por um furo hexagonal que tem a medida de 2,5 cm para diâmetro da circunferência circunscrita. O eixo do cilindro é paralelo ao plano *H* e inclinado de 30° em relação ao plano *V*.

40. Desenhar a planta e a elevação de um plinto hexagonal, cujas faces são quadrados de 2,5 cm de lado, duas das quais são paralelas ao plano *H*, atravessado por um prisma quadrangular com duas faces paralelas ao plano *H*, tendo as seguintes dimensões: comprimento de 8 cm, base de 2,2 cm × 2.2 cm. Os eixos são coincidentes, paralelos ao plano *H* e fazem um ângulo de 30° com o plano *V*. O ponto médio do eixo do prisma se acha no centro do plinto.

41. Desenhar as duas projeções de uma linha de 7,6 cm de comprimento fazendo um ângulo de 30° com o plano *V* e cuja projeção sobre o plano *V* faz um ângulo 45° com a horizontal. A linha está inclinada para trás e para a esquerda.

42. Desenhar as três vistas de uma pirâmide quadrangular cujas faces são triângulos isósceles de 4,4 cm de base por 6,3 cm de altura, tendo uma de suas faces em posição horizontal, fazendo a projeção de seu eixo sobre o plano horizontal num ângulo de 30° com uma horizontal.

43. Desenhar a planta e a elevação de uma pirâmide quadrangular com 2,9 cm × 5,1 cm de base e 4,8 cm de altura, tendo as arestas maiores da base paralelas ao plano *V*. Executando duas rotações colocar a pirâmide de modo que suas pequenas arestas fiquem paralelas ao plano *H* e façam um ângulo de 60° com o plano *V*, de tal modo que o vértice da pirâmide permaneça no mesmo plano horizontal de um dos lados menores da base.

44. Desenhar as três vistas de uma pirâmide triangular formada de quatro triângulos eqüiláteros de 5,7 cm de lado. A sua base faz um ângulo de 45° com o plano *H* e uma de suas arestas é perpendicular ao plano *V*.

45. Desenhar a planta e a elevação de um paralelepípedo retângulo de 2,5 cm por 1,9 cm de base, medindo a diagonal do prisma 6,4 cm de comprimento. Determinar as projeções do prisma sobre um plano auxiliar perpendicular à diagonal.

46. Desenhar a planta e a elevação de um cubo cuja diagonal, medindo 6,3 cm de comprimento, é paralela ao plano *V*. Executar uma projeção auxiliar do cubo sobre um plano perpendicular à sua diagonal.

CAPÍTULO IX

CORTES E REPRESENTAÇÕES CONVENCIONAIS

129. **Cortes.** Os dois capítulos precedentes ocuparam-se da representação da forma de um objeto, pelo método das projeções ortogonais, usando linhas interrompidas para indicar as arestas e os contornos invisíveis. Quando o objeto é bastante simples em sua conformação interna, não é difícil ler e compreender estas linhas ocultas. Muitas vezes, entretanto, quando seu interior é complicado ou quando várias peças de forma diferente se apresentam reunidas na parte interna, a tentativa de representar sua conformação por uma simples vista perder-se-ia num conjunto confuso de linhas interrompidas, que dificultariam o traçado e tornariam a leitura do desenho difícil, talvez mesmo impossível. Em tais casos, traça-se, então, um ou mais "cortes" da peça. O *corte* nada mais é do que a representação de um objeto ou peça de máquina, onde uma de suas partes foi cortada e removida, a fim de deixar visível a parte interior. Note-se que, embora admitindo-se, para o traçado do corte, a remoção da parte anterior do objeto, considera-se a dita parte como *não* retirada, quando se faz o traçado das outras vistas.

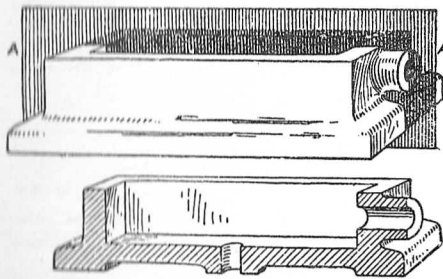



Fig. 368 — O plano secante

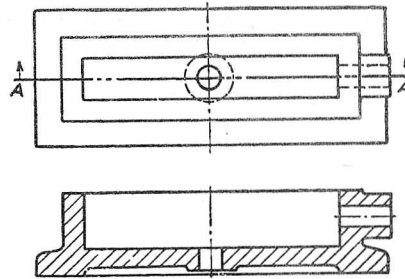



Fig. 369 — Corte A-A

Quando em um desenho devemos executar mais de um corte, cada um deles será considerado separadamente, isto é, sem qualquer relação com as partes removidas dos outros cortes.

130. A Fig. 368 mostra o desenho de uma peça fundida, cortada por um plano, e o aspecto que a mesma apresentaria se fosse serrada pelo plano secante e retirada a parte anterior. A Fig. 369 apresenta-nos o desenho da peça fundida, constituído pela vista de frente e pelo corte A-A.

O traço do plano secante está indicado por uma linha (a 7.ª do alfabeto das linhas, Fig. 46) definida por letras e setas, sendo que estas últimas indicam a direção segundo a qual deve ser observado o corte.

Qualquer que seja a espécie do material secionado pelo plano, a superfície cortada é representada por um tracejado de linhas finas, geralmente com uma inclinação de 45° em relação à linha da base, e igualmente espaçadas, para se obter uma coloração uniforme.

131. Cinco regras para o traçado dos cortes.

1. O plano secante não precisa ser concebido como um plano único e contínuo, pois pode ser dobrado ou mudar de direção, para que possa indicar a construção da peça, da melhor maneira possível, Fig. 370.

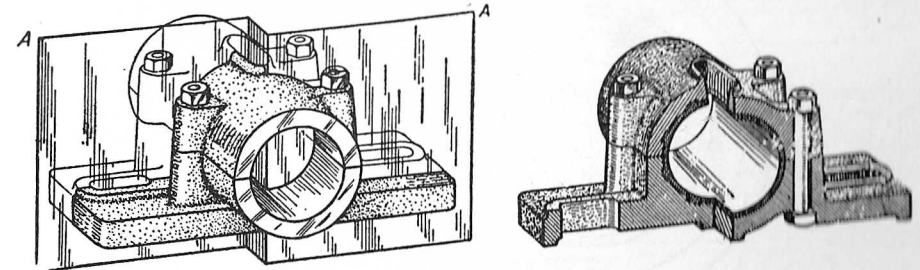



Fig. 370 — Representação de um plano secante "dobrado"

2. Elementos tais como: eixos, parafusos, porcas, cavilhas, rebites e chavetas, cujos eixos estejam sobre o plano secante, nunca são cortados. Fig. 371.
3. As linhas invisíveis, situadas além do plano secante, não são traçadas, salvo quando necessárias à compreensão da peça.
4. As peças contíguas são tracejadas segundo direções diferentes e, às vezes, para melhor clareza, empregam-se tracejados com afastamentos diversos, reservando-se os intervalos menores para as menores peças, Fig. 380.

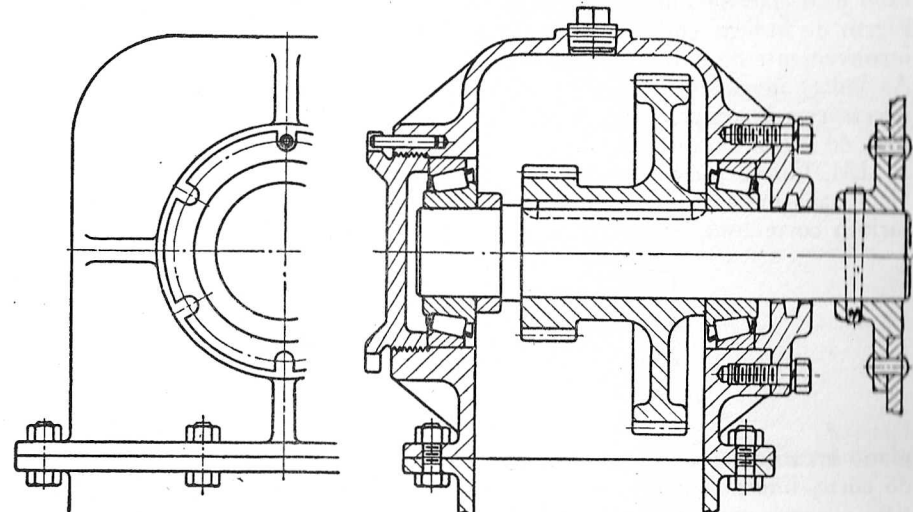



Fig. 371 — Estudo de corte

5. O tracejado conservar-se-á com o mesmo espaçamento e direção, sempre que indicar a mesma peça, em diferentes vistas, ou as diferentes partes de uma peça, na mesma projeção.

132. Corte total é o corte, no qual o plano secante corta inteiramente o objeto, mostrando a projeção completa em corte. O plano secante será conduzido normalmente pelo eixo principal ou pela linha média da peça, conforme se vê na Fig. 369, mas pode também mudar de direção para passar por algum detalhe, situado fora do eixo, como na Fig. 370. As Figs. 642, 654, etc. nos dão exemplos de cortes totais.

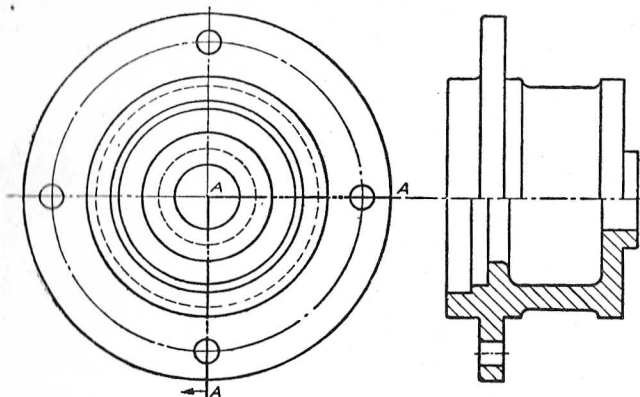



Fig. 372 — Meio corte

133. Meio corte é o que se emprega às vezes no desenho de objetos simétricos, onde aparece uma metade em corte, representando-se então a outra metade como se fosse uma vista comum, Fig. 372. Supõe-se neste caso que o plano secante vá somente até o meio da peça, onde fica limitado pelo eixo de simetria ou pela linha média. O meio corte tem a vantagem de indicar em uma só vista a parte interna e externa da peça e o inconveniente de não se poderem cotar com clareza os diâmetros interiores. As linhas invisíveis de ambos os lados não são traçadas, exceto quando necessárias à compreensão do desenho. As Figs. 640 e 372 nos dão exemplos de meios cortes.

134. Corte parcial é o corte que se representa sobre parte de uma vista para indicar algum detalhe interno da peça, caso se torne desnecessário o corte completo ou o meio corte. Imagina-se o objeto serrado pelo

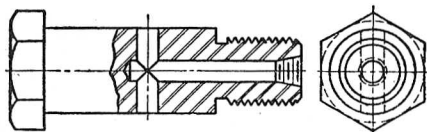



Fig. 373 — Corte parcial

plano secante somente na porção que se deseja detalhar. A parte diante do corte, limitada por uma linha irregular e pelo contorno da peça, constitui o corte, parcial. As Figs. 373 e 676 representam cortes parciais.

135. Seção traçada sobre a vista. É executada diretamente sobre a vista, proporcionando um meio prático e satisfatório de representar a seção reta de certos elementos construtivos, tais como: nervuras, raios de volante, etc. O plano secante será perpendicular ao eixo da parte a ser secionada e o corte resultante será rebatido sobre o plano do papel, Fig. 374. Este processo é usado mais para acentuar a forma do que o tamanho. Quando as linhas do contorno interferem, ocasionalmente, com as do corte, a vista será interrompida, deixando espaço livre para a seção. As Figs. 390, 610 e 679 contêm alguns exemplos de seções rebatidas.

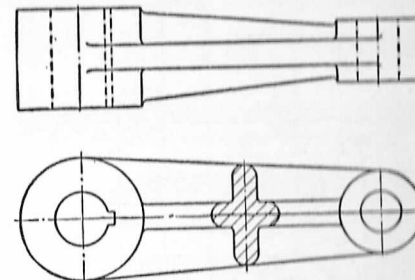
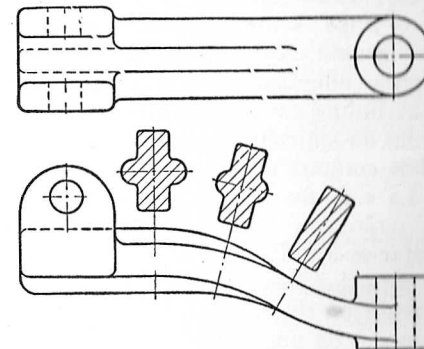



Fig. 374 — Seção traçada sobre a vista

136. Seções traçadas fora da vista. São seções que têm a mesma finalidade das seções anteriores. Entretanto, em lugar de serem desenhadas sobre a vista, são dela destacadas, ocupando no desenho uma posição que facilite a colocação das cotas, Fig. 375. O plano secante, com letras de referência, deve estar sempre indicado. Quando a forma da peça for irregular, são necessárias várias seções, Fig. 376. É às vezes vantajoso desenhá-las em escala maior do que a do desenho principal, a fim de indicar mais claramente suas dimensões. Na Fig. 669 aparecem exemplos de seções traçadas fora da vista.

Fig. 375 — Seções traçadas fora da vista

Fig. 376 — Seções traçadas fora da vista

137. O corte fantasma é constituído por uma vista onde se indicam os elementos internos da peça por meio de um tracejado de

linhas interrompidas, Fig. 377. É raramente empregado e sua única vantagem apresenta-se nos casos em que o corte parcial eliminaria alguns detalhes exteriores que o corte fantasma preserva.

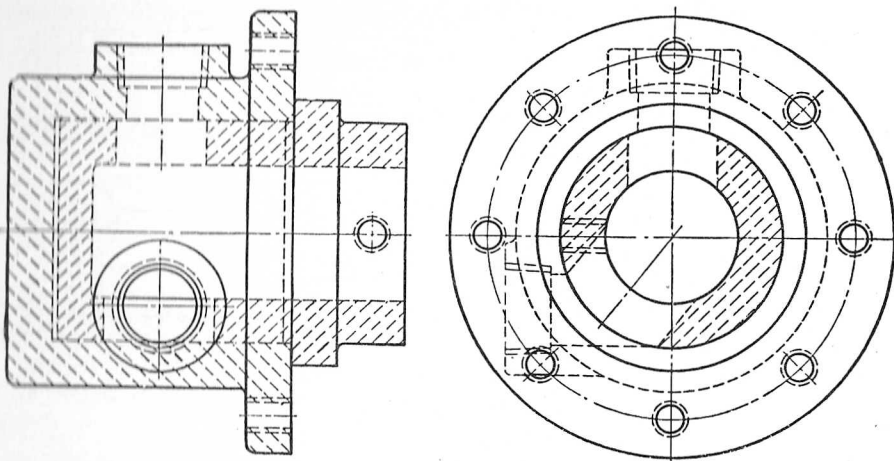



Fig. 377 — Corte fantasma

138. Corte auxiliar. Corte auxiliar é um corte feito por um plano auxiliar, isto é, um plano perpendicular a um dos planos principais de projeção e inclinado em relação aos outros dois. Sua construção é feita segundo os princípios expostos no capítulo anterior. Podemos pois ter em corte as elevações auxiliares e as vistas auxiliares direita, esquerda, anterior e posterior. Analogamente empregam-se também os meios cortes, os cortes parciais e as seções das vistas auxiliares. A Fig. 378 é exemplo de um corte auxiliar direito.

Fig. 378 — Corte auxiliar direito

139. Tracejado. É feito com linhas muito finas, sempre espaçadas a olho, salvo quando executadas por meio de aparelho adequado. O afastamento entre as linhas varia de acordo com o tamanho da superfície a tracejar. Nos desenhos comuns estará compreendido entre 1,5 e 3 mm. As peças muito pequenas terão um tracejado mais cerrado. Prestar-se-á toda atenção ao fixar o afastamento das duas ou três primeiras linhas, a fim de que não ocorra um aumento ou diminuição gradual do intervalo, porque nada prejudica mais o aspecto de um desenho do que um tracejado malfeito.

Os eixos, parafusos, porcas, chavetas, pinos, rebites, esferas, cilindros,

etc., cujos eixos se acham sobre o plano secante, não possuindo detalhes internos que devam ser indicados, não são representados em corte, pois supõe-se que eles tenham sido retirados no momento em que se cortou a peça, sendo depois novamente colocados em seus lugares, Fig. 371.

No desenho de um corte, seguem-se as instruções dadas anteriormente para o traçado das projeções. Entretanto, no caso de uma peça complicada, a leitura do desenho pode se tornar difícil, se forem desenhados todos os detalhes situados atrás do corte. Tendo em vista a clareza, omitir-se-ão pois todos aqueles que forem dispensáveis à construção, como se vê na Fig. 379.

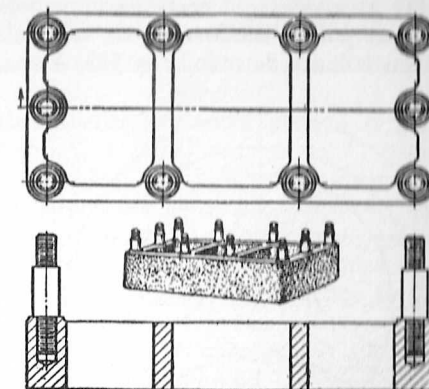



Fig. 379 — Omissão de detalhes

Quando num corte aparecem somente duas peças, o tracejado de uma será perpendicular ao tracejado da outra. Se forem três, uma delas terá o tracejado inclinado de menos de 45° em relação à horizontal. No caso em que o contorno da peça cortada tenha uma inclinação quase igual a 45°, o tracejado do corte terá outra inclinação para não ficar paralelo ao contorno, Fig. 380.

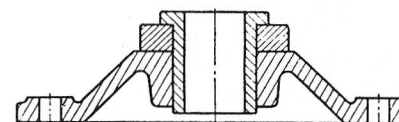



Fig. 380 — Partes contíguas

Grandes superfícies em alguns casos apresentam apenas um tracejado marginal, conforme ilustra a Fig. 381.

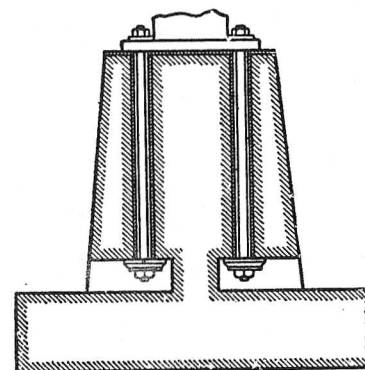



Fig. 381 — Tracejado marginal

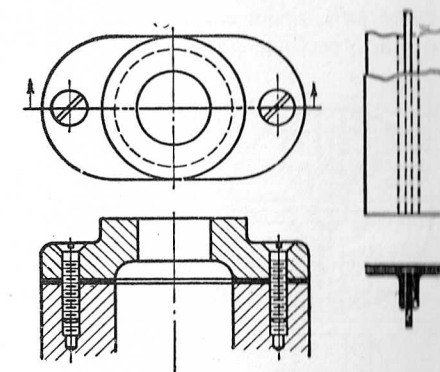



Fig. 382 — Materiais de pequena espessura em corte

Os cortes de partes muito delgadas, tais como gaxetas, juntas ou perfis de estruturas metálicas quando em escala reduzida, serão representados em preto, com filetes brancos separando as partes contíguas Fig. 382.

140. Cortes simplificados. Alcança-se, por vezes, maior clareza num desenho, violando as regras que regulam o traçado das projeções. É o que se faz ao executar o corte de uma polia. Comparem-se as Figs. 645 e 642 de duas polias, sendo uma de três raios e a outra de disco. O corte real de um volante de mão, Fig. 383, é assimétrico e pode dar lugar a enganos,

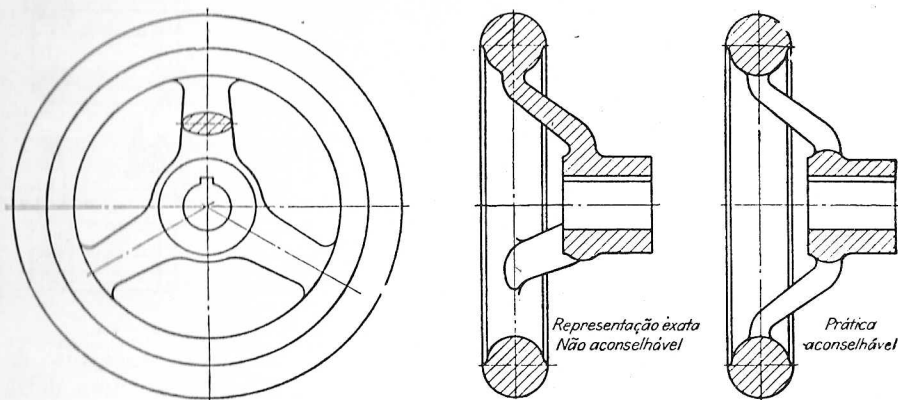



Fig. 383 — Cortes simplificados

não sendo, por isso, aconselhável o seu emprego nos desenhos. A representação preferida é a da segunda vista, onde o raio que aparece reduzido na primeira é desenhado como se tivesse sofrido uma rotação sendo visto então de perfil. No segundo caso os raios não são tracejados.

141. Nervuras em corte. Quando o plano secante corta longitudinalmente uma nervura ou outro elemento semelhante, o corte real, apresentando a nervura tracejada, tem um aspecto pesado e confuso. Não é costume pois, neste caso, representar a nervura em corte, mas imagina-se que o plano secante passe por sua frente, Fig. 384 *A*. Em *B* temos o exemplo

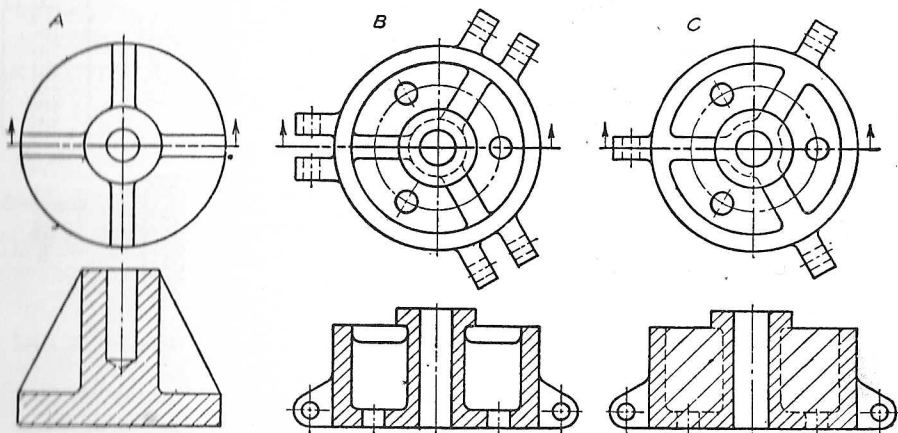



Fig. 384 — Nervuras em corte

de um corte tornado simétrico. O plano secante passa pela nervura, no lado esquerdo, e por um furo da base, no direito. As partes não situadas no plano secante foram rebatidas sobre o mesmo e representadas então na vista de frente, de modo a produzirem um corte simétrico. As concordâncias que aparecem no corte mostram que as nervuras se estendem até a base da peça, não representando portanto pequenos raios na parte superior. As orelhas não foram naturalmente cortadas, porque o plano secante não passa por elas. A peça em *C* é semelhante à de *B*, com a diferença que as nervuras desta se estendem até a sua parte superior. Nesta última emprega-se o tracejado alternado para identificar as nervuras no corte. A metade das linhas do tracejado são prolongadas através da nervura, e sua linha de interseção com a parte sólida do corpo é representada por linhas interrompidas. O tracejado foi omitido nas orelhas pela mesma razão dada para *A*. O tracejado alternado só é necessário em casos excepcionais e somente é empregado quando o uso de outro meio de representação se torne inadequado ou ambíguo.

142. Os furos dos flanges. No corte serão desenhados a uma distância do eixo igual à real, embora os eixos dos furos não estejam no plano secante. Na Fig. 385 a representação exata dos furos torna-se confusa. É

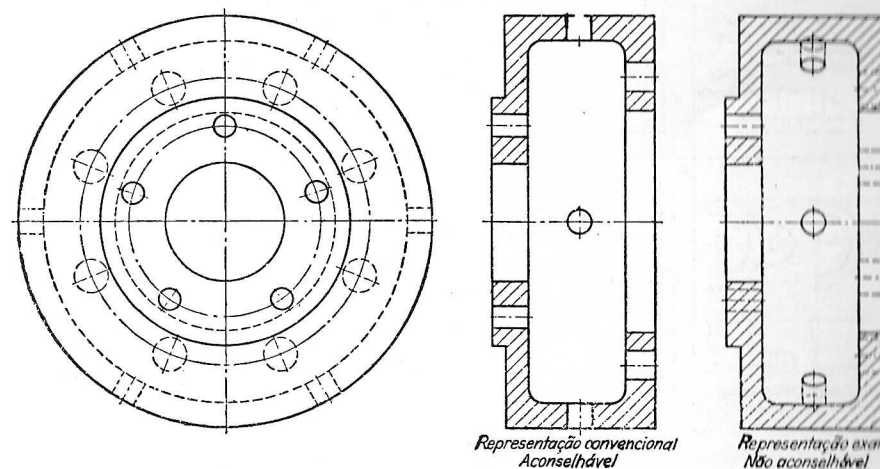



Fig. 385 — Representação convencional de furos

preferível representá-los de modo a indicar a distância real dos mesmos ao eixo, isto é, na posição que ocupariam no plano secante, quando rebatidos sobre o mesmo. Isto também é aplicável no caso das vistas dos flanges.

143. Representação gráfica dos materiais. Os tracejados indicados anteriormente não são usados habitualmente nos projetos comuns, pois, às vezes, nos cortes em que aparecem varias peças, desejam-se indicar os diversos materiais, tornando-se portanto evidente a vantagem de um tracejado convencional que os especifique. No apêndice deste livro, encontram-se os tracejados convencionais adotados pela "American Stan-

dards Association", para indicar os diferentes materiais. Os tracejados indicativos do material são somente empregados como um auxílio à leitura do desenho e não devem ser considerados como uma especificação definitiva dos materiais. As indicações sobre o material a empregar em cada peça serão dadas nos desenhos de detalhes.

O emprego do tracejado indicando o material tem sua aplicação corrente no caso dos metais que guarnecem os mancais, tais como o bronze e outros. Costuma-se representá-los em toda parte por meio de um tracejado cruzado. A maneira mais rápida de executar tal tracejado consiste em fazer um tracejado comum ao metal e ao ferro fundido e depois terminar o tracejado do metal com o traçado de linhas perpendiculares às primeiras; obtém-se porém um melhor efeito fazendo-os separadamente e dando ao tracejado cruzado um espaçamento menor.

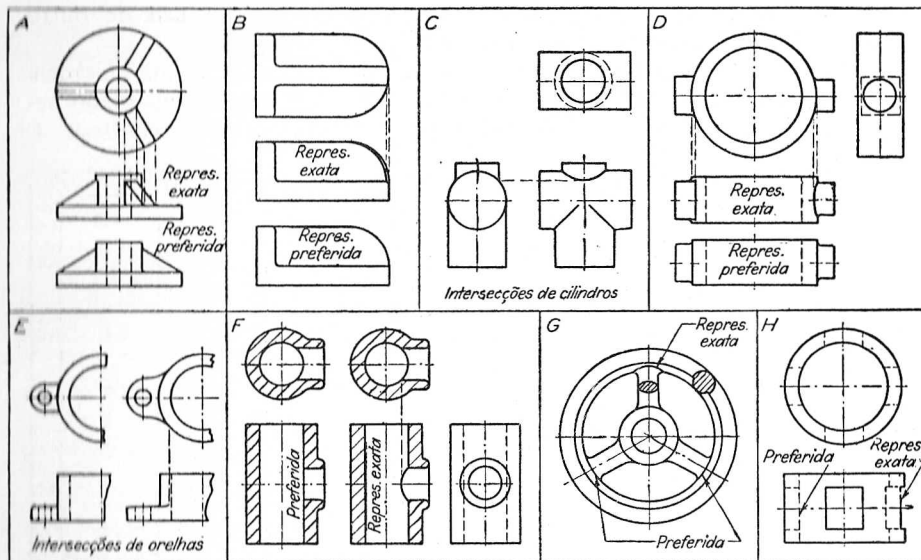



Fig. 386 — Representação convencional de cortes

144. Convenções usadas na prática. Violam-se as normas para a obtenção das projeções exatas, tanto no traçado das vistas comuns como no dos cortes, toda vez que a prática assim o aconselhe como meio de aumentar a clareza do desenho. Se a vista de frente mostrar, por exemplo, a cabeça hexagonal de um parafuso, tomada de uma direção perpendicular a duas faces, a vista lateral exata seria tomada de uma direção paralela a duas faces opostas; entretanto toda vez que elas aparecem num desenho são traçadas, em ambas as vistas, como se fossem observadas de uma direção perpendicular às duas faces opostas, a fim de indicar o espaço necessário.

A Fig. 386 mostra alguns exemplos típicos, nos quais as linhas reais de interseção não têm qualquer valor como ajuda para a leitura do desenho e são, por isso, abandonadas.

As peças que têm partes em ângulo, como a alavanca da Fig. 387, são desenhadas, em uma das vistas, em linha, como se fossem retas. Semelhantemente, as peças curvas do tipo da apresentada na Fig. 388 terão uma vista com o desenho da peça metálica desenvolvida, pronta para ser perfurada e convenientemente dobrada. Sendo preciso, neste caso, acrescentar-se-á um excesso de metal para as curvas. Ver o parágrafo 397.

Os ressaltos ou partes fundidas que para fins de fixação devem ser retirados por meio de usinagem serão representados por cortes fantasmas com linhas interrompidas. Quando em corte, estas partes serão tracejadas com linhas de pontos. As linhas interrompidas servem também para indicar as posições limites das peças com movimento e representar as partes contíguas da peça com o fim de facilitar sua localização e determinar seu emprego.

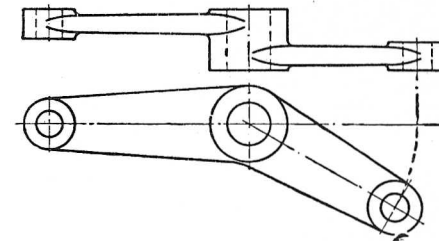



Fig. 387 — Vista retificada

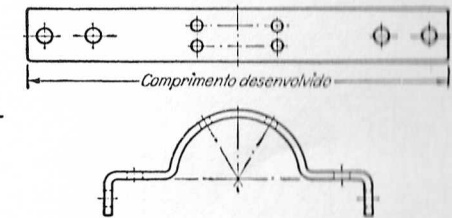



Fig. 388 — Vista desenvolvida

145. Concordâncias. Ao projetar-se uma peça para fundição nunca se devem deixar ângulos internos agudos, em vista da possibilidade de fratura nestes pontos. Os raios das concordâncias dependem da espessura do metal e de outros elementos do projeto. Quando não estão indicados no projeto, ficam ao arbítrio do modelador. Os ângulos externos, por uma questão de comodidade e aparência, serão também arredondados por meio de arcos cujos raios variarão desde o raio mínimo, capaz de aparar as arestas agudas, até o máximo, cuja dimensão será aproximadamente igual à da espessura da peça. A aresta viva de uma peça fundida, resultante da interseção de duas superfícies sem usinagem, deve ser sempre atenuada por meio de uma pequena concordância. Um vértice agudo num desenho indica, portanto, que de duas superfícies que se encontram, uma ou ambas serão trabalhadas posteriormente. Todas estas pequenas concordâncias são executadas de preferência a mão livre, tanto nos desenhos a lápis como a nanquim. "Runouts" ou "die-outs", como são às vezes denominadas, são representações convencionais de intersecções atenuadas por curva onde teoricamente não existe nenhuma linha, em virtude de não haver mudança brusca de direção. A Fig. 389 mostra alguns exemplos de concordâncias e "runouts" de braços e nervuras interceptando outras superfícies.

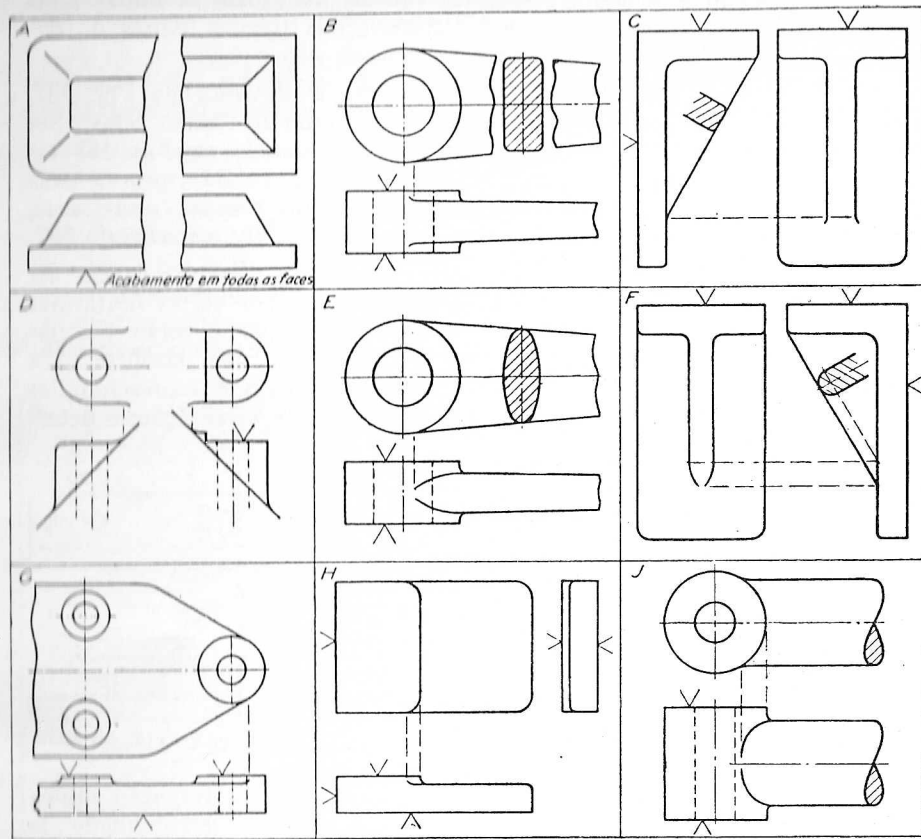



Fig. 389 — Concordâncias e "runouts"

146. Linhas de interrupção. Ao executar-se o detalhe de uma peça comprida ou de seção reta uniforme, não há evidentemente nenhuma necessidade de fazer-se o desenho completo da mesma. O traçado terá melhor aparência se for feito em escala maior, para isso "quebra-se" a peça e remove-se a parte "quebrada", aproximando as extremidades partidas. A sua verdadeira grandeza será dada por uma cota, conforme indica a Fig. 390. A seção da peça é indicada ou por uma seção rebatida ou por uma linha de interrupção que se relacione com a forma da peça, como se vê na Fig. 391. A figura em questão indica também outras convenções.

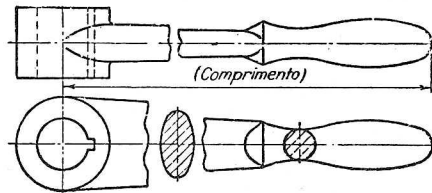



Fig. 390 — Interrupção de uma vista. Seções traçadas sobre a mesma

147. Meia vista. Quando o espaço é muito limitado, pode-se representar somente a metade da planta ou da vista lateral, no caso de uma peça simétrica. No caso de uma vista de frente, representaremos a metade *anterior* na planta ou na vista lateral, como se vê na Fig. 392. Mas se

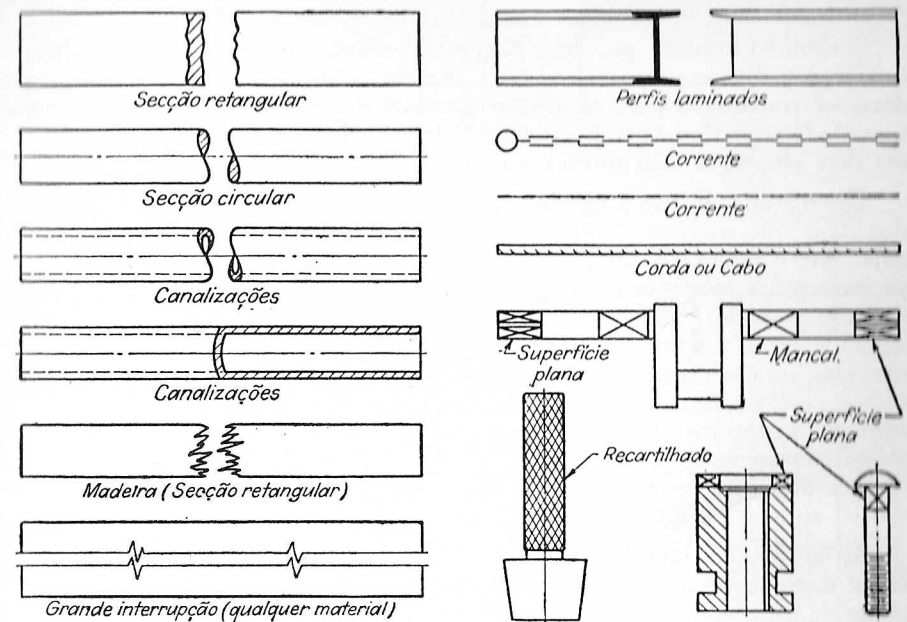



Fig. 391 — Interrupções e outros símbolos

tivermos um corte, empregaremos a metade *posterior*, conforme mostra a Fig. 393. A Fig. 394 indica uma outra forma de economizar espaço, mediante a combinação de uma meia vista com um meio corte. As figuras 609, 640 e 646 contêm exemplos de meias vistas.

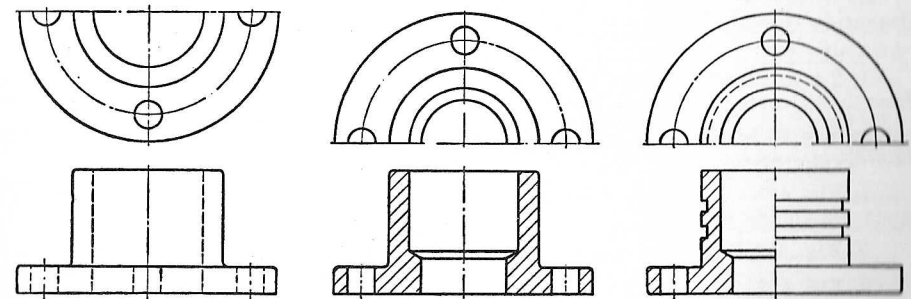



Fig. 392 — Planta em meia vista

Fig. 393 — Planta em meia vista e um corte completo

Fig. 394 — Planta em meia vista e uma meia vista-meio corte

148. Representações convencionais e esquemáticas. Os desenhistas costumam empregar representações convencionais e esquemáticas para indicar muitos elementos, tais como: roscas, molas, uniões de canos, aparelhos elétricos, etc. Elas foram padronizadas pela A. S. A., sendo que no parágrafo 143 já nos referimos à representação gráfica dos materiais adotada por esta associação.

O símbolo formado por duas diagonais cruzadas é empregado com duas finalidades diversas: primeiro, para indicar sobre um eixo a parte que deve ser trabalhada para se ajustar ao mancal; segundo, para indicar que uma dada superfície (geralmente paralela ao plano da figura) é plana. Estes dois empregos não devem ser confundidos, Fig. 391.

Em virtude do uso freqüente, a representação das roscas torna-se um dos itens que mais se destaca no capítulo das representações convencionais. Até o momento em que a A. S. A. resolveu padronizar oficialmente as convenções relativas à representação das roscas, estavam em uso cerca de doze símbolos diferentes. Presentemente um símbolo comum e outro simplificado são adotados nos desenhos americanos, e ambos já são conhecidos internacionalmente. Os símbolos correspondentes aos diferentes filetes, roscas e furos roscados estão indicados no capítulo XII, onde também se encontram os símbolos representativos das molas helicoidais. O modo convencional de representar as canalizações com os respectivos elementos de ligação encontra-se no capítulo XIII. O capítulo XV mostra-nos os símbolos para os casos de solda autógena.

As convenções indicadas no último parágrafo são usadas principalmente no desenho de máquinas. O desenho arquitetônico, em virtude do emprego de escalas reduzidas, usa inúmeros sinais convencionais e o desenho topográfico é todo ele constituído de símbolos. Aconselhamos ao leitor a consultar o índice deste livro para encontrar o símbolo desejado.

EXERCÍCIOS

149. Os exercícios seguintes podem ser utilizados seja para representar simplesmente a forma das peças, seja para servir de base ao traçado de desenhos destinados à execução.

1, 2 e 3. Figs. 395 a 397. Traçar uma vista de frente completa e uma vista lateral em corte. Escala a determinar.

4, 5 e 6. Figs. 398 a 400. Traçar uma vista de frente completa e outra lateral em corte.

7. Fig. 401. Traçar a planta de acordo com o indicado e a elevação em meia vista-meio corte.

8. Fig. 402. Traçar a planta e a elevação com um meio-corte segundo *A-A*.

9. Fig. 403. Desenhar a planta e substituir as vistas de frente e lateral por cortes, conforme indicações.

10. Fig. 404. Desenhar a planta e, em lugar da vista de frente e das duas laterais, representar os cortes indicados.

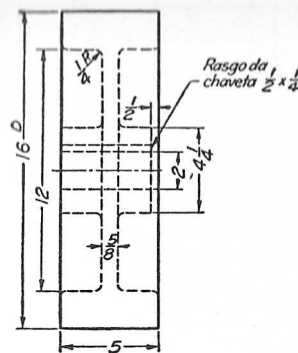



Fig. 395 — Polia

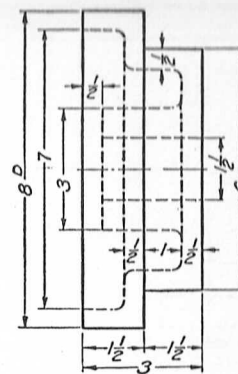



Fig. 396 — Cone de polias

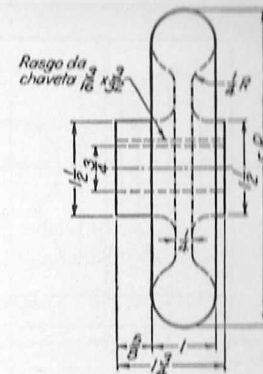



Fig. 397 — Volante de mão

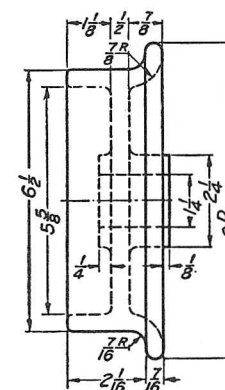



Fig. 398 — Roda com guarnição

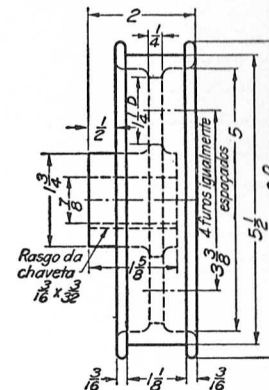



Fig. 399 — Polia com guarnições

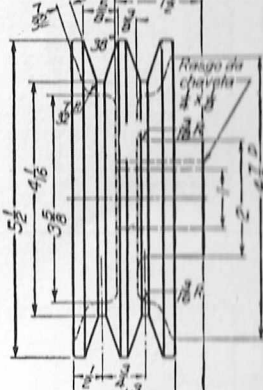



Fig. 400 — Polia para correias em V

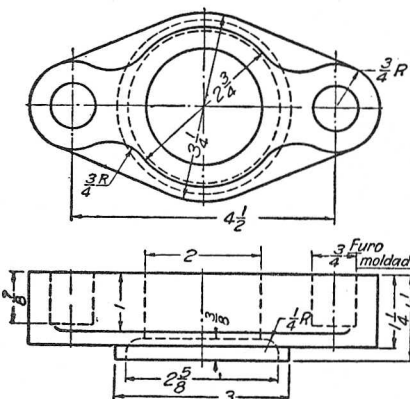



Fig. 401 — Flange

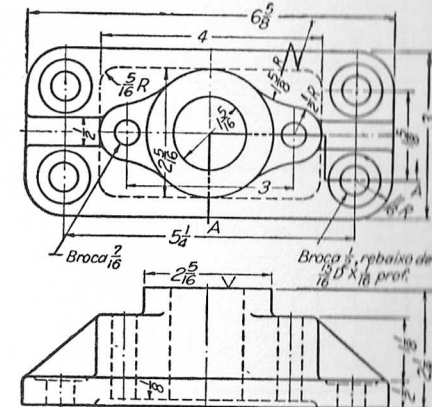
Fig. 402 — Base

Fig. 403 — Estudo dos cortes

Fig. 404 — Estudo dos cortes

Fig. 405 — Cruzeta

11. Fig. 405. Desenhar três projeções, fazendo a lateral em corte, segundo A-A.
12. Fig. 405. Desenhar três projeções, sendo a planta em corte, segundo B-B.

Fig. 406 — Êmbolo de um motor a explosão

13. Fig. 406. Desenhar duas vistas do êmbolo, sendo que a metade direita da vista que representa a extremidade da peça será cortada pelo eixo do pino. Aparecerá também em corte a metade inferior da vista de frente (espaço de 15 × 25 cm).

14. Fig. 407. Desenhar a vista de frente e o corte longitudinal do mancal. O conjunto compreende uma base de ferro fundido, uma bucha de bronze, um disco de bronze e dois pinos de aço.

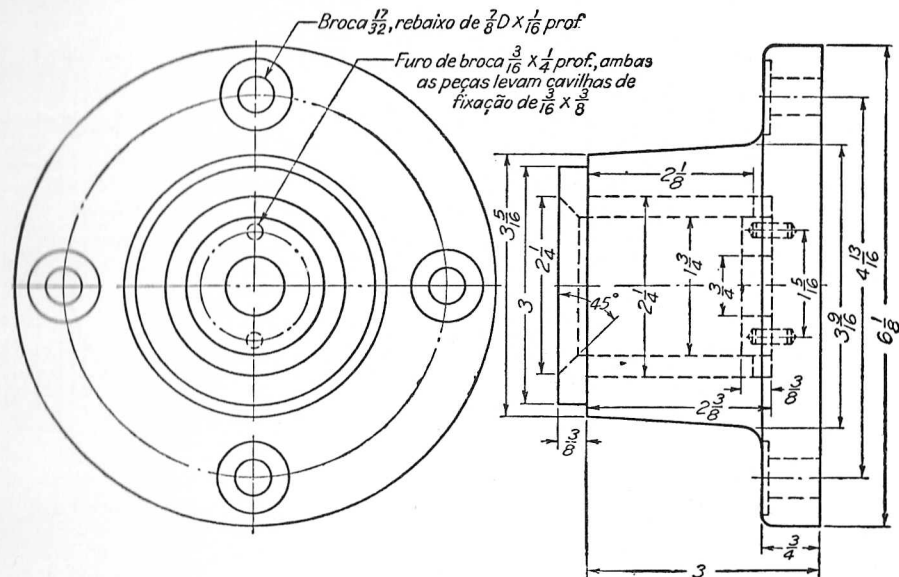



Fig. 407 — Mancal

15. Fig. 408. Desenhar duas meias vistas das extremidades e o corte longitudinal. O conjunto compreende uma peça de ferro fundido, duas buchas de bronze, um eixo de aço, uma polia de ferro fundido e um pino cônico de aço. Usar o modo convencional de tracejar os diferentes materiais, como está indicado no apêndice. As partes contíguas serão tracejadas em direções perpendiculares, como mostra a Fig. 380, a fim de salientar as diferentes peças.

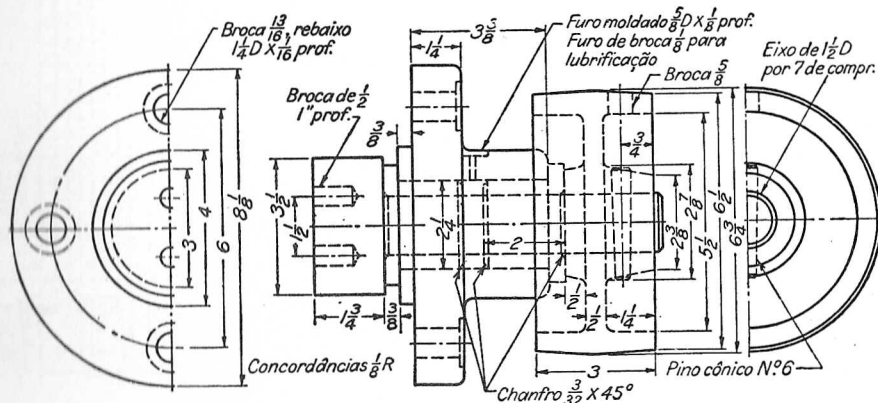



Fig. 408 — Conjunto de polia e suporte

16. Fig. 409. Desenhar as vistas dadas e acrescentar cortes do modo seguinte: (a) corte auxiliar segundo um plano perpendicular ao eixo principal, passando pelo orifício de lubrificação de 1/8"; (b) corte auxiliar como em (a), mas passando pela parte central a fim de mostrar a espessura da parede; (c) corte auxiliar como em (a), mas passando pelo furo de 1/4" da parte inferior. A base não aparecerá nos cortes, mas será indicada a posição e espessura da nervura de 1/4".

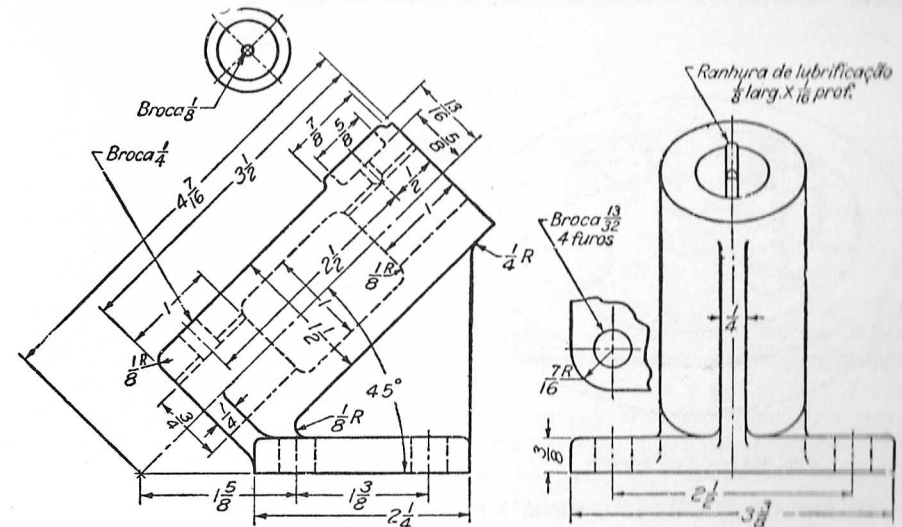



Fig. 409 — Suporte

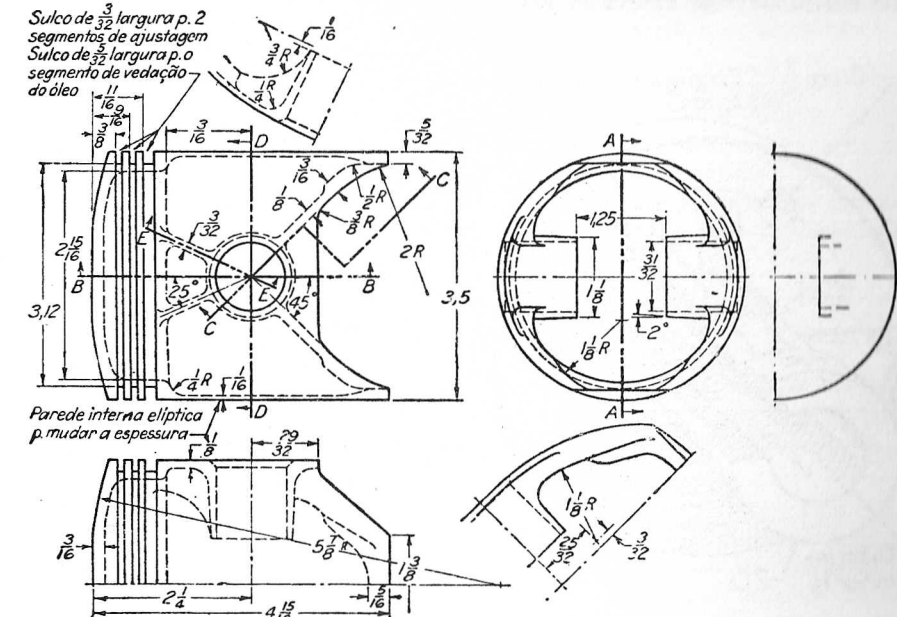



Fig. 410 — Êmbolo de automóvel (Chevrolet)

17. Fig. 410. Desenhar o êmbolo de automóvel, executando os cortes de acordo com as indicações. O corte *D-D* será traçado junto com a meia vista da extremidade direita. Note-se que o corte *D-D* deixará ver o interior elíptico da parede e que, no corte *C-C*, o contorno é um segmento de elipse.

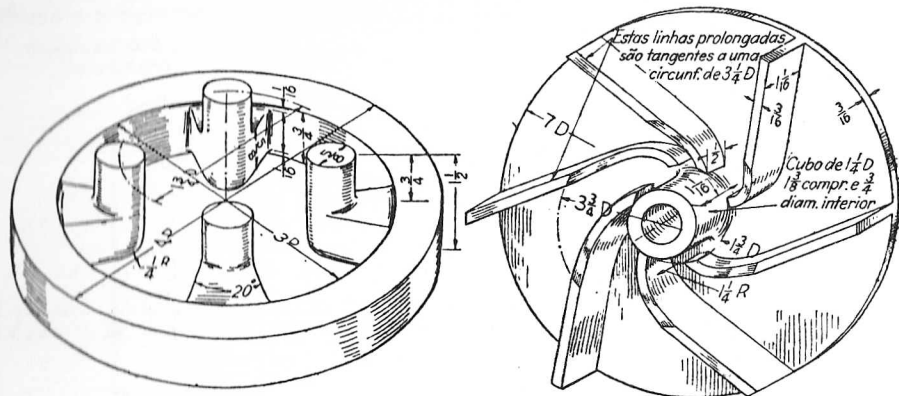



Fig. 411 — Anel selector

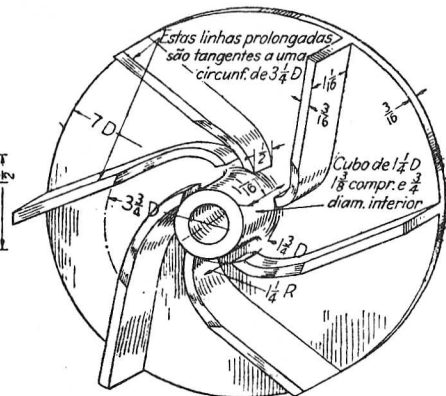



Fig. 412 — Rotor

18. Fig. 411. Desenhar a planta e executar a vista de frente em corte.

19. Fig. 412. Desenhar a vista de frente e representar a vista lateral, em corte.

20. Fig. 413. Desenhar a vista de frente e executar a vista lateral em corte.

21. Fig. 414. Escolher as vistas que melhor representam a peça, executando um esboço antes de desenhá-la.

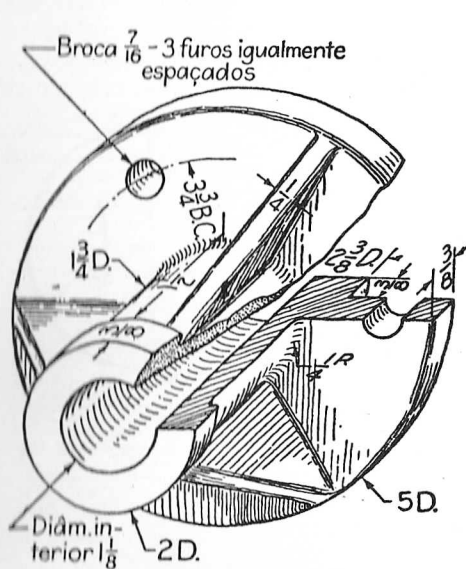



Fig. 413 — Suporte

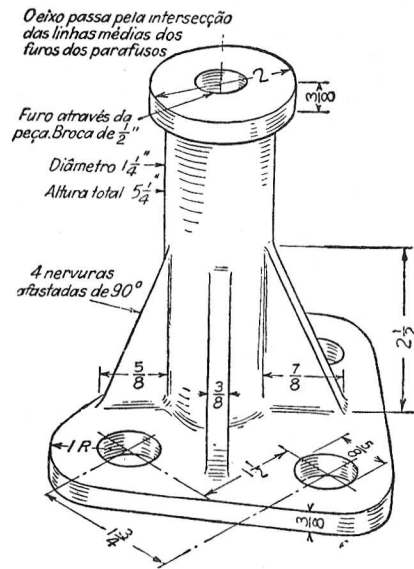



Fig. 414 — Suporte

CAPÍTULO X

O DESENHO E A OFICINA

150. A fabricação e montagem de uma peça ou conjunto de peças, na oficina, sem outros elementos que os indicados no próprio desenho, constitui o melhor teste para se verificar a legibilidade, perfeição e precisão de um desenho. O conhecimento das diferentes operações mecânicas, em uso nas oficinas, será de grande utilidade para o desenhista, pois proporciona-lhe uma segura orientação para indicar com eficiência e perfeição: as cotas e notas; as especificações correspondentes ao trabalho mecânico, tratamento térmico e acabamento; o grau de precisão a ser observado na montagem das peças; e, em alguns casos, a ordem das operações mecânicas. O jovem desenhista, toda vez que tiver oportunidade deve acompanhar as operações na oficina, relacionar-se com os operários e aumentar pela conversa e pelo estudo os seus conhecimentos. O glossário dos termos usados na oficina deve ser estudado em conexão com o modo de cotar e anotar os desenhos deste livro, que se destinariam à execução, a fim de inteirar-se dos vocábulos e expressões empregados nas notas. O presente capítulo constituirá, portanto, a introdução a um outro que se ocupará do dimensionamento e das notas.

As relações dos desenhos e respectivas cópias com as operações necessárias à produção do objeto projetado, estão ilustradas no gráfico da Fig. 415, que mostra, esquematicamente, os diferentes passos seguidos na feitura de um desenho e sua distribuição e emprego em conexão com as diversas fases da fabricação do objeto, desde o instante em que a ordem é recebida até o momento em que a máquina pronta é entregue ao departamento comercial.

151. O desenho. A Fig. 416 apresenta um projeto completo destinado à execução, o qual especifica a forma e o tamanho da peça e indica, quando necessário, as operações a serem executadas na oficina.

As superfícies acabadas estão claramente indicadas e as cotas são colocadas de modo a permitir o seu emprego nas várias operações de fabricação, sem ser necessário recorrer à soma ou subtração de dimensões, ou ainda ao emprego da escala.

152. A oficina de modelos. Na legenda do desenho, Fig. 416, o material indicado é ferro fundido, o que significa que o desenho deve ser enviado ao modelador para que ele execute um modelo de madeira. Se a quantidade de peças a fundir for grande, far-se-á, pelo modelo de madeira, um outro de metal, geralmente metal branco. O modelador com-

pensa a contração da fundição fazendo o modelo um pouco maior, usando, para isto, o "metro do modelador", e dando um excesso de metal para as operações de acabamento. Prevê-se também a retirada do modelo por meio de uma leve conicidade não apresentada no desenho, de

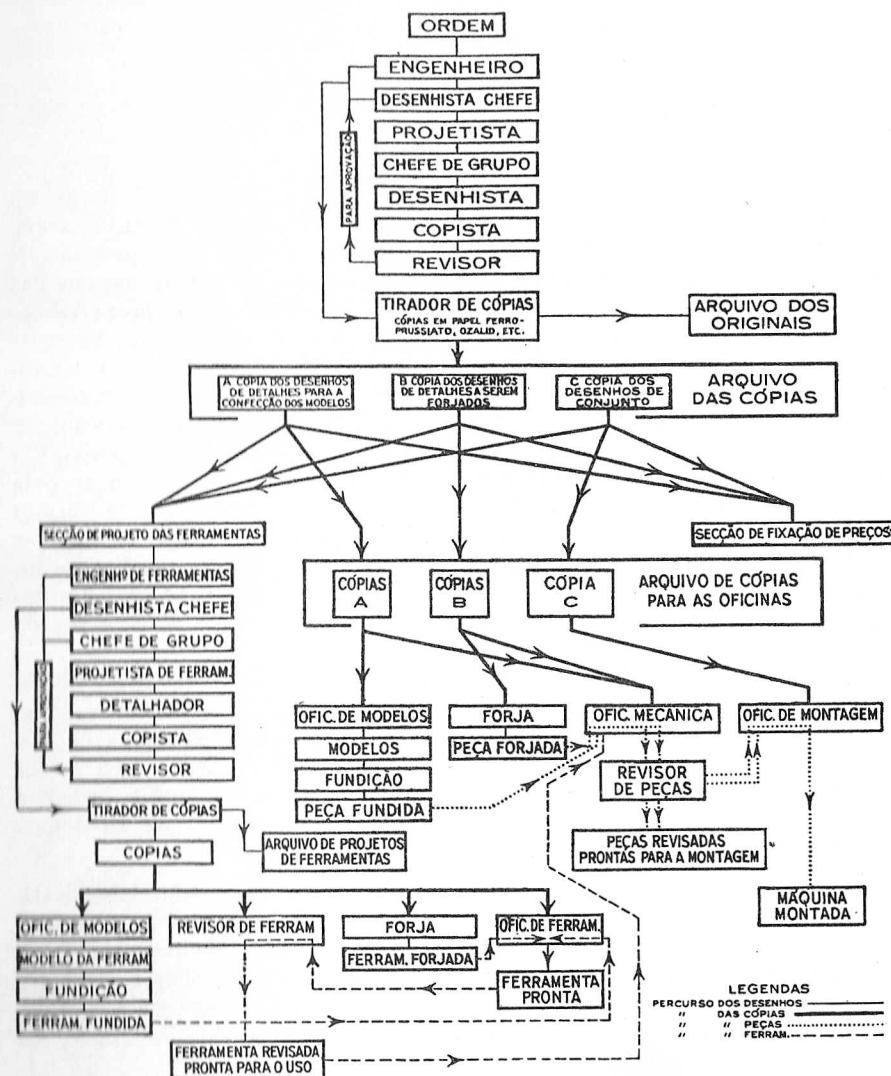



Fig. 415 — Execução e distribuição dos desenhos

modo que possa ser facilmente retirado da areia. A "caixa de macho", destinada a fazer os machos de areia, das peças fundidas ocas, é tambem executada na oficina de modelos. O conhecimento dos processos de con-

fecção dos modelos é de grande vantagem para cotar um desenho, posto que quase todas as cotas são utilizadas pelo modelador, enquanto que somente um número reduzido delas (cotas das superfícies acabadas, locação e grandeza dos furos acabados, etc.) é empregado nas operações mecânicas de oficina.

153. A fundição. Os modelos e as caixas de machos são remetidos para a oficina de fundição, a fim de serem feitos os moldes de areia onde será derramado o metal fundido, que depois de frio forma a peça bruta completa. A Fig. 417 mostra o corte transversal de um molde constituí-

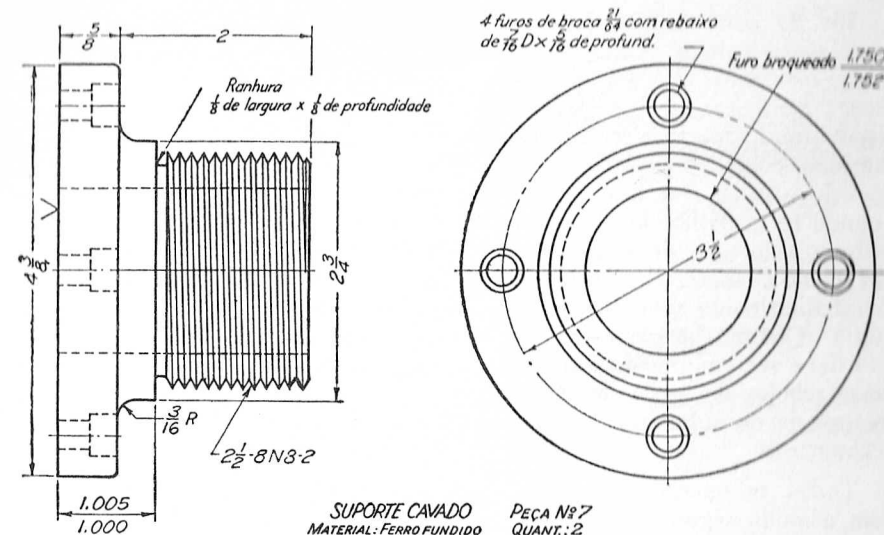



Fig. 416 — Desenho para execução

do por duas caixas, e onde se vê o macho e o espaço vazio deixado pelo modelo. Só ocasionalmente o fundidor necessita consultar o desenho, uma vez que sua tarefa consiste simplesmente em reproduzir em metal, o modelo.

154. A forja. Em muitos casos a peça bruta será de ferro ou aço forjado, manual ou mecanicamente, necessitando-se então de matrizes para imprimir a forma desejada. Fazem-se, geralmente, desenhos especiais para este trabalho.

155. A oficina mecânica. As peças brutas, fundidas ou forjadas, vão para a oficina mecânica, a fim de passarem pelas operações de acabamento, de acordo com as especificações do desenho. As superfícies planas são trabalhadas na máquina de aplainar, na plaina-limadora, na fresadora e às vezes no torno. Os furos são broqueados, escareados, alargados e rebaixados com uma máquina de furar ou com o torno. Os furos são torneados internamente em uma fresadora ou em um torno. Nos trabalhos em que o acabamento atinge certa precisão, usam-se máquinas de

retificar, com rebolos de material abrasivo, os quais adquirem cada dia um uso mais generalizado nas operações que antes se faziam com ferramentas de corte. Na fabricação em série, empregam-se as máquinas-ferramentas e as máquinas automáticas. Ferramentas especiais, tais como gabaritos e dispositivos para montagens diversas, fazem parte das máquinas, e são guardadas na sala de ferramentas à disposição da oficina mecânica.

Fig. 417 — Corte de um molde constituído por duas caixas

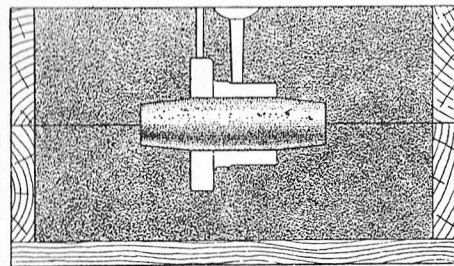
156. O fundamento das operações mecânicas. Todas as operações mecânicas têm por base a remoção de metal, quer se trate de alisar uma superfície com maior exatidão, como no caso das operações de aplainar e tornear, quer se faça aparecer uma nova superfície, como quando se trabalha com broca, punção, etc. Em todos os casos, o metal é retirado pelo corte de uma ferramenta de aço temperado (usinagem) ou por um rebolo de material abrasivo (retificação). Nestas operações, tanto a peça a trabalhar como as ferramentas e rebolos são mantidos e guiados pela máquina. Quando se empregam os instrumentos cortantes comuns, a peça não deve ser endurecida antes que a operação seja executada, mas, usando-se rebolos de óxido de alumínio ou de carborundum, a peça pode ser temperada ou submetida a um tratamento térmico conveniente, antes do acabamento.

Todas as operações de usinagem podem ser classificadas de acordo com o modo segundo o qual opera a máquina empregada:

1. A superfície pode ser *gerada* pelo movimento da peça em relação ao instrumento cortante ou vice-versa, consoante as leis geométricas de geração das superfícies.

2. A superfície pode ser *formada* com um instrumento cortante especialmente destinado para esse fim, movendo-se indiferentemente a peça ou a ferramenta, enquanto a outra permanece estacionária.

O método de *formação* é em geral menos exato que o de *geração*, porque qualquer irregularidade existente na ferramenta aparece na obra. Em alguns casos empregam-se os dois métodos combinados.

157. O torno. É chamado também "a rainha das máquinas operatrizes" e se diz que ele é capaz de produzir qualquer máquina-ferramenta. Sua função principal é executar superfícies cilíndricas e cônicas ou qualquer outra de revolução, mas pode também, com alguns dispositivos especiais, executar uma enorme variedade de operações. A Fig. 418 mostra a peça fundida, feita segundo o desenho da Fig. 416, fixada à placa do torno. À medida que a peça gira, a ferramenta cortante se desloca segundo uma superfície plana. A esta operação se denomina *facear*. Depois desta operação a peça é virada, de modo que a parte faceada se ajuste

à placa do torno, para que sua extremidade cilíndrica possa ser *torneada*, ficando então com o diâmetro indicado na nota do desenho, referente à rosca.

A ranhura que aparece na interseção da base com o corpo da peça, será torneada em primeiro lugar, fazendo-se com que a ferramenta mergulhe na peça fundida a uma profundidade ligeiramente maior que a da rosca. A superfície cilíndrica é então torneada (gerada), pelo deslocamento da ferramenta, paralelo ao eixo de rotação, Fig. 419. A Fig. 420 indica a maneira de se fazer a rosca no cilíndro terminado. A ferramenta é conformada de acordo com o perfil do filete e ajustada cuidadosamente para a abertura da rosca. É então impelida pelo fuso do torno, movendo-se paralelamente ao eixo de rotação. Esta operação é o resultado da combinação dos processos fundamentais, pois o perfil do filete é feito do mesmo tempo em que a hélice é gerada.

Fig. 418 — Operação de facear

O furo através da peça, deixado pelo macho por ocasião da fundição, é então acabado por meio de *torneamento interno*, Fig. 421. A ferramenta

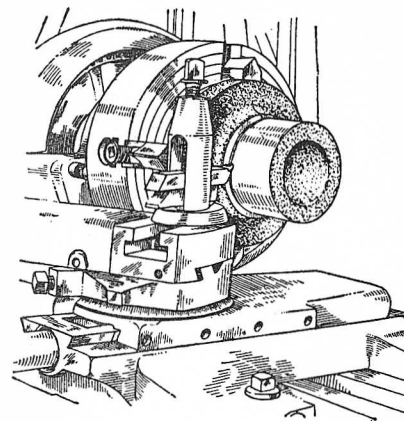



Fig. 419 — Operação de tornear

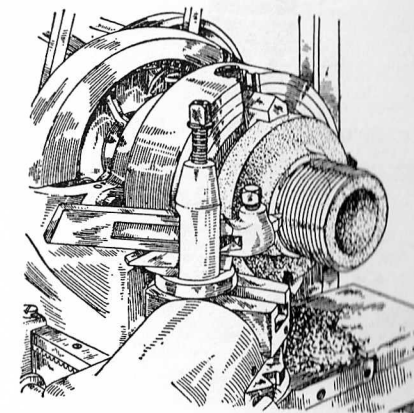



Fig. 420 — Operação de abrir rosca

é presa a um suporte e se move paralelamente ao eixo de rotação, gerando, assim, um cilindro interior.

Observe-se que os elementos utilizados pelo operador, nestas diferentes operações, foram os seguintes: (1) a altura e o sinal de acabamento da base; (2) os dados relativos à rosca e o seu diâmetro externo; (3) as dimensões da ranhura; (4) a distância da parte saliente; (5) o diâmetro do furo central.

158. A máquina de furar. A peça, parcialmente acabada, é levada então para a máquina de furar, onde são feitos e rebaixados os furos; consoante as cotas do desenho que dão a localização e o diâmetro dos furos, o diâmetro e a profundidade dos rebaixos. A peça é fixada à mesa da máquina de furar, Fig. 422, e a broca rotativa, acionada por uma alavanca que comanda uma cremalheira e uma roda dentada na parte superior da máquina, é, então, introduzida na peça fundida.

Fig. 421 — Operação de torneado interno

Dois gumes cortantes, na extremidade da broca executam a perfuração. Esta pode também ser feita no torno, onde a peça gira e a broca é segura e posta em movimento pelo cabeçote móvel do torno. Na Fig. 423, a broca foi substituída por um rebaixador cujo diâmetro é igual ao

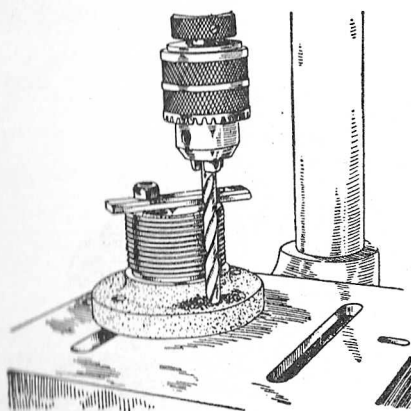



Fig. 422 — Operação de furar

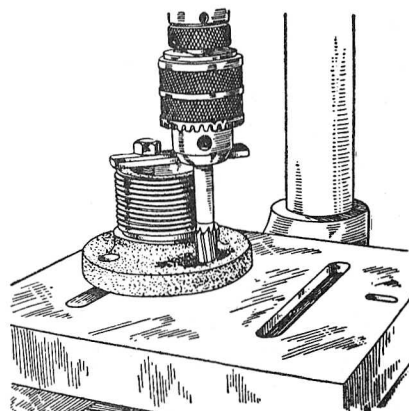



Fig. 423 — Operação de rebaixar

indicado no desenho e que tem, na extremidade, uma guia para adaptá-lo ao orifício perfurado e mantê-lo centrado. A ferramenta é introduzida até atingir a profundidade indicada no desenho.

O desenho da Fig. 416, assim como as figuras que ilustram as diferentes operações mecânicas, deve ser estudado, verificando-se, primeiro,

quais as cotas usadas pelo modelador e, segundo, quais as utilizadas pelo mecânico.

159. O torno-revólver. A Fig. 424 mostra o desenho detalhado de uma cremalheira cilíndrica de aço laminado a frio, e seu tamanho indica que a peça pode ser executada de material bitolado existente no depósito. O diâmetro interior está marcado para a *broca* e para o *alargador*, o que indica, para a produção em série desta peça, o emprego

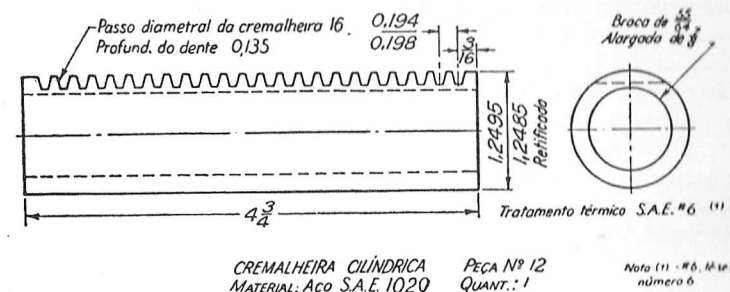



Fig. 424 — Desenho para execução

do torno-revólver. O tubo de aço laminado a frio é fixado na pinça do torno-revólver, de modo que a extremidade a ser cortada coincida com a face da pinça, ficando, então, a peça pronta para receber o furo, que será então alargado. O torno-revólver segura as várias ferramentas e as faz girar até a posição necessária. Uma broca para marcar centros executa um pequeno furo para guiar a broca maior e depois a peça é sucessivamente furada e alargada. A broca faz um furo ligeiramente me-

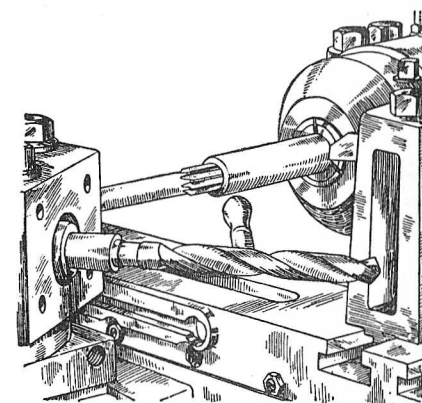



Fig. 425 — Operação de alargar furo

nor que o definitivo, e o alargador, então, cortando com sua parte estriada, aumenta o orifício, até a dimensão marcada, e lhe dá um acabamento liso e exato. A Fig. 425 mostra o torno-revólver com a broca fora do

orifício e o alargador em condições de iniciar o trabalho. À direita, podemos ver a ferramenta de cortar pronta para secionar a peça no comprimento marcado no desenho.

160. A fresadora. As dimensões da cremalheira cilíndrica, Fig. 424, dão a profundidade e o espaçamento dos dentes, bem como a fresa a ser usada, uma vez que esta espécie de trabalho é comumente executado na fresadora. A peça é fixada num torno de bancada e se move vagarosamente em relação à fresa giratória, Fig. 426, cujo perfil tem a forma do espaço existente entre os dentes da cremalheira a executar. Os entalhes são espaçados pelo movimento da mesa da máquina, até corresponder à distância indicada no desenho. Com diversas fresas montadas em conjunto sobre o mesmo eixo, pode-se executar diversos dentes simultâneamente. Observe-se que esta operação constitui o que classificamos como processo de *formação*, porque a forma depende do perfil do aparelho cortante.

Fig. 426 — Operação de fresar

Há uma grande variedade de fresas para a execução de superfícies planas, curvas e de formas especiais. Umas possuem o corte na periferia, outras, na extremidade. Uma fresa de topo se assemelha ao rebaixador da Fig. 423. A Fig. 427 mostra três fresas diferentes.

161. A retificadora. As cotas limites do desenho da cremalheira cilíndrica indicam uma superfície precisa. O objetivo principal da retificação é tornar a superfície mais lisa e exata do que a obtida pelas operações de tornear, facear, aplainar ou fresar.

Fig. 427 — Fresas

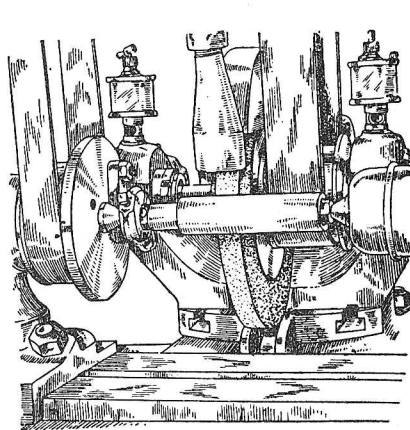



Fig. 428 — Operação de retificar

As peças endurecidas por meio de tratamento térmico ficam, às vezes, levemente arqueadas. Como as operações mecânicas comuns são impraticáveis nos materiais já endurecidos, os trabalhos de retificação só são então executados após o tratamento térmico de tais peças. A Fig. 428 mostra a operação de retificar. O rebolo gira com grande velo-

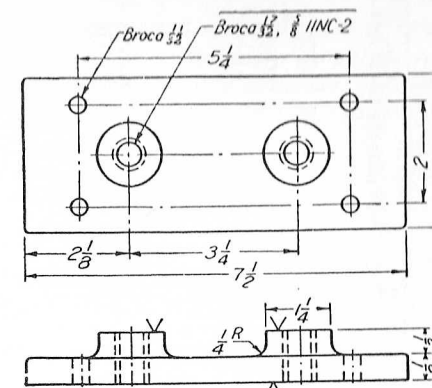



Fig. 429 — Desenho para execução

cidade e a peça move-se vagarosamente numa direção paralela ao eixo de rotação do rebolo. O trabalho é calibrado com todo o cuidado durante a operação, para dar ao acabamento final o tamanho exato do desenho e uma forma cilíndrica perfeita, sem qualquer conicidade. No acabamento das peças cilíndricas emprega-se a retificadora de superfícies cilíndricas e no caso de superfícies planas, a retificadora de superfícies planas.

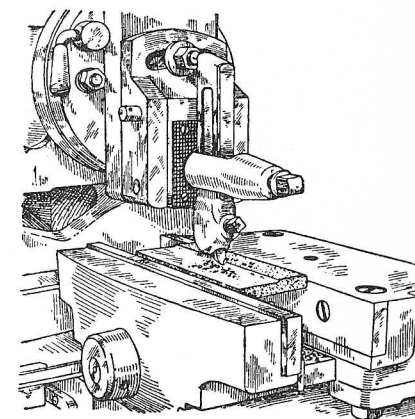



Fig. 430 — Operação de aplainar executada na plaina-limadora

162. A plaina limadora e a máquina de aplainar. A Fig. 429 representa o desenho detalhado de um suporte de motor, mostrando a base e a superfície dos ressaltos, marcadas com sinais de acabamento para operações mecânicas menos precisas. Uma tal superfície pode ser trabalhada

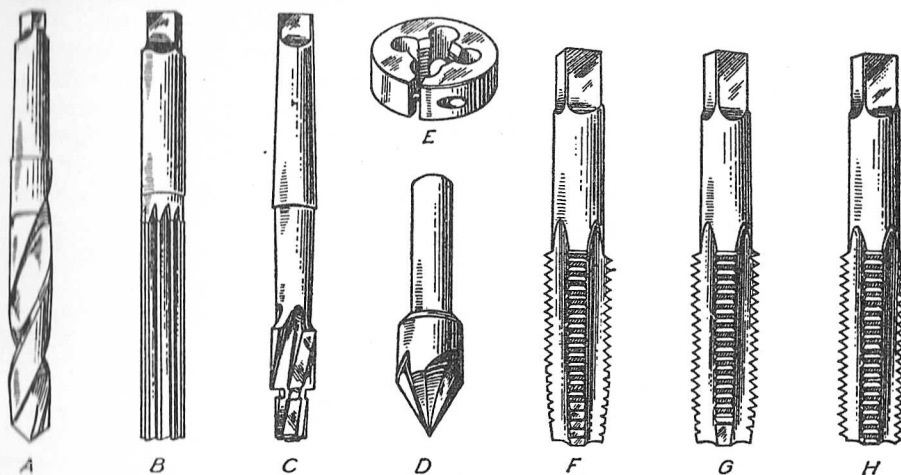



Fig. 431 — Ferramentas diversas

na plaina limadora ou na máquina de aplainar. No caso em questão usar-se-á a plaina limadora, em virtude do tamanho reduzido da peça, Fig. 430. O ferro cortante é preso ao cabeçote, que se move para a frente e para trás, longitudinalmente, através da peça, fazendo um corte em cada avan-

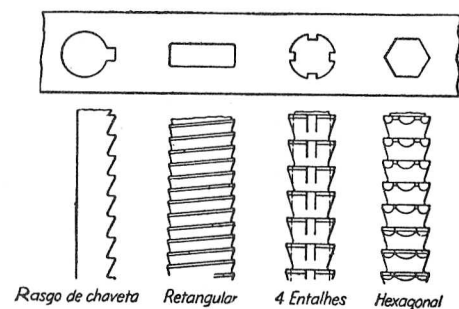



Fig. 432 — Brocas

ço. Entre dois cortes consecutivos, a mesa se desloca lateralmente, de modo que os cortes se conservem paralelos entre si e próximos uns dos outros, para que a superfície fique inteiramente trabalhada.

A máquina de aplainar se diferencia da plaina limadora pelo fato da mesa que suporta a peça ser dotada do movimento de vaivém, enquanto a ferramenta permanece estacionária. Ela é geralmente usada para o

trabalho de peças maiores e mais pesadas do que as trabalhadas na plaina limadora.

163. As pequenas ferramentas. A oficina emprega uma grande variedade de pequenas ferramentas movidas a máquina ou a mão. A Fig. 431 mostra, em *A*, uma broca helicoidal, em *B*, um alargador, em *C*, um rebaixador, em *D*, um escareador, em *E*, uma tarraxa para abertura de roscas externas em vergalhões ou eixos e, finalmente, em *F*, *G* e *H*, os machos de mão n.º 1, 2 e 3, para a abertura de rosca internas. Os furos são muitas vezes feitos com uma brocha, que consiste em uma longa barra dentada, empurrada ou puxada através do orifício onde os dentes vão cortando o metal até se ter a forma desejada. A Fig. 432 mostra quatro tipos de brochas.

164. Departamento de controle. O controle cuidadoso é um dos requisitos importantes na produção atual, sendo recomendável fazê-lo após cada operação. A expressão "controle preventivo" se aplica ao que é feito sobre a primeira peça de cada conjunto, antes de entregá-la ao operário para a sua fabricação em série.

165. Oficina de montagem. Cada peça, depois de acabada, é levada para a oficina de montagem onde é montada de acordo com os desenhos de conjunto. Algumas vezes, é desejável, ou mesmo necessário, realizar ligeiras operações mecânicas durante a montagem, como no caso de abertura de furos e de retificações rápidas. Em tais, casos, o desenho de conjunto deve trazer, em nota bem visível, a explicação das operações necessárias e dar as cotas para a localização respectiva das peças. Quando não se utilizar um desenho completo de conjunto, é aconselhável colocar uma nota no desenho de detalhe de cada peça, como por exemplo, "furo de broca de ½" na montagem com a peça N.º 107".

CAPÍTULO XI

ESPECIFICAÇÃO DAS MEDIDAS E NOTAS

166. Concluída a representação da *forma* de uma peça (por projeções ortogonais ou perspectiva), o valor de um desenho como elemento útil para a construção da mesma, fica condicionado à especificação das medidas e registro das notas que fornecem os dados relativos ao *tamanho*. Aqui o estudo do desenho como linguagem gráfica deve ser completado com conhecimentos relativos aos processos de trabalho em uso nas oficinas. O desenhista de máquinas só será bem sucedido se tiver um conhecimento completo sobre a execução de modelos, trabalhos de fundição e forja e processos em uso nas oficinas mecânicas, bem como, em certos casos, sobre trabalhos com folhas metálicas, fundição em conquilhas, solda autógena e construção de estruturas metálicas.

O principiante que não possuir estes conhecimentos não deve depender unicamente de seu professor, mas, como já foi recomendado no capítulo precedente, procurará conhecer os processos de trabalho do modelador e do fundidor, o emprego das máquinas-ferramentas, observando as diversas operações por que passa uma peça nas oficinas, e ler livros e revistas, sobre os processos e materiais empregados nas oficinas mecânicas modernas e na indústria de máquinas.

As cotas indicadas nos desenhos não são, necessariamente, as usadas pelo desenhista, mas as que convêm melhor ao operador que executar a peça. O desenhista deve, portanto, colocar-se no lugar do modelador, do fundidor, do ferreiro e do mecânico, a fim de conceber mentalmente o objeto representado, e ver se ele pode ser fundido, forjado ou trabalhado à máquina, de um modo prático e econômico, e deduzir então quais as cotas mais convenientes. Em uma palavra, é necessário cuidadosa consideração de todas as operações executadas pelos diversos operários por ocasião da fabricação da peça.

167. Linhas e símbolos. Cada dimensão será indicada por uma cota correspondente à medida real, mas, se for preciso indicar uma operação mecânica ou outro dado qualquer, usar-se-ão linhas de referência e notas. A indicação completa das medidas compreende: linhas de cota com as respectivas flechas, linhas auxiliares, cotas, linhas de referência, notas e sinais de trabalho.

As linhas de cota são representadas por linhas finas, para contrastar com os traços mais grossos do contorno do desenho. São terminadas por flechas feitas com todo capricho. As flechas são feitas com uma pena

fina, de desenhar letras, nas duas extremidades da linha de cota, antes de colocar os números, traçando cada flecha de uma só vez ou em dois traços, a partir da ponta, como mostra, em forma ampliada, a Fig. 433. A flecha de cabeça cheia é a mais usada, e sua melhor execução consiste em fazer primeiro um curto traço curvo que determina o seu comprimento, como mostra a Fig. 434. O tamanho da cabeça das flechas varia de algum modo com as dimensões do desenho, mas o comprimento de 3 mm é, em geral o empregado, não devendo a largura da base ultrapassar o terço do seu comprimento. Todas as cabeças de flecha de um mesmo desenho terão o mesmo tamanho, exceto nos espaços reduzidos. Evitar as formas incorretas da Fig. 435. Nos desenhos comuns de máquinas

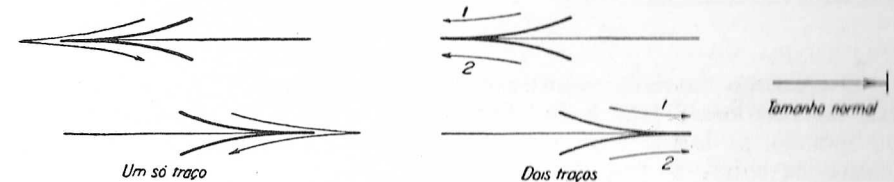



Fig. 433 — Os traços das flechas

Fig. 434 — Fases do traçado de uma flecha de cabeça cheia

deixa-se, na linha de cota um espaço para a escrita dos números. No desenho de estruturas, costuma-se colocar as cotas acima da linha de cota, como na Fig. 436. Nos desenhos arquitetônicos, emprega-se muitas vezes este modo de cotar.

Fig. 436 — Colocação das cotas

As cotas são de preferência colocadas fora das vistas, mas eventualmente a sua colocação sobre as mesmas é vantajosa. Assim, as linhas de cota terminam nas linhas auxiliares, nos eixos ou nos contornos visíveis da vista.

Linhas auxiliares de cota. São linhas finas que se prolongam para fora da vista, a fim de mostrar a distância medida. Elas não devem tocar

no contorno, por isso são iniciadas cerca de 1,5 mm a partir dele e se estendem até 3 mm além da linha de cota, Fig. 437.

Onde se deve indicar a distância entre centros, usam-se as linhas médias em lugar das linhas auxiliares, prolongando-as até 3 mm além da linha de cota.

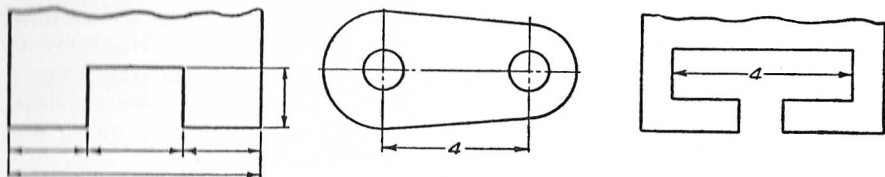



Fig. 437 — Como terminar as linhas de cota

O contorno da vista constitui o limite das linhas de cota, quando estas são interiores. Isto pode acontecer em virtude de espaço limitado, ou quando as linhas auxiliares tornam-se muito longas, dificultando a leitura da cota.

As linhas de referência são constituídas de segmentos retilíneos, terminados por uma flecha tocando o contorno da vista ou aresta da superfície, à qual se refere a nota ou dimensão aposta na outra extremidade. Quando diversas são usadas simultaneamente, serão, se possível, paralelas. Geralmente, elas fazem um ângulo de 60° com a horizontal, Fig. 438.

A extremidade da linha de referência deve sempre estar no começo ou no fim da nota e nunca no meio.

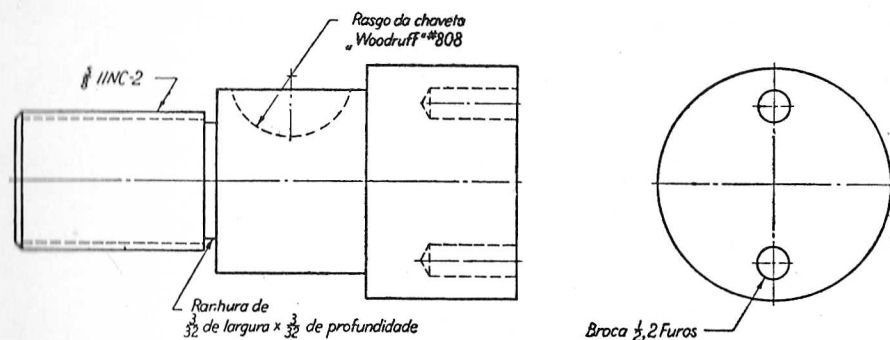



Fig. 438 — Linhas de referências e notas

As cotas devem ser caprichosamente desenhadas segundo o tipo vertical ou inclinado. Esforçando-se por fazê-las claras, o principiante, às vezes, as executa demasiadamente pequenas. Podem, em geral, ter a altura de 3 mm.

As frações ordinárias devem ser representadas, ficando o traço de fração em linha com os algarismos da cota. O numerador e o denominador terão dois terços da altura do número inteiro, de modo que a altura total da fração será um e dois terços da do inteiro.

Pés e polegadas.[1] São assim indicados: 5′ — 6″. Quando não houver polegadas inteiras, indicar-se-á: 5′ — 0″ — 0 ½″. Se todas as medidas forem indicadas em polegadas, o seu símbolo designativo será omitido em todas as cotas ou notas.

168. Sinais de trabalho. São usados para indicar que certas superfícies metálicas devem ser levadas à máquina para o trabalho final, e que a fundição ou o trabalho de forja da peça será feito com um excesso a fim de permitir aquela operação. Não são necessários nas peças feitas com material laminado ou nas superfícies trabalhadas a máquina, tais como os rebaixos, os furos feitos com broca, os torneados internamente e os escareados, exceto quando estas operações não são indicadas numa nota. Os sinais de trabalho são indispensáveis toda vez que o grau de aspereza de uma superfície deve ser indicado.

A ASA recomenda um V com a abertura de 60° e o vértice em contato com a linha que representa a superfície a ser trabalhada a máquina, devendo ser colocado em todas as vistas em que a superfície for representada, mesmo quando por linha interrompida. Se a peça precisar de um acabamento em toda sua extensão, empregar-se-á a nota "acabamento em todas as faces", omitindo-se o símbolo V. A Fig. 439 ilustra seu emprego.

Grau de aspereza das superfícies. A ASA propõe (ASA B46) um conjunto de símbolos para indicar os graus de aspereza toleráveis. O símbolo consiste em um número colocado na abertura do V que indique a altura das asperezas em mícrons de polegada. Assim, por exemplo, $\overset{16}{V}$ quer dizer que a aspereza não deve exceder a *16* milionésimos da polegada (0,000406 mm). O sinal de trabalho e o símbolo do grau de aspereza estão ilustrados na Fig. 440.

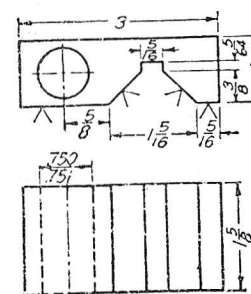



Fig. 439 — Sinal de trabalho da ASA

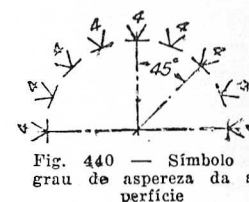
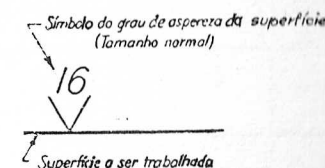



Fig. 440 — Símbolo do grau de aspereza da superfície

Há padrões de aspereza superficial que são feitos, medidos e marcados com os símbolos respectivos, e que podem ser comparados, à simples vis-

(1) N. do T.: Nos desenhos de máquinas, cotados de acordo com o sistema métrico, as dimensões serão expressas em milímetros; omite-se porém a designação de mm.

ta ou pelo tato, com qualquer superfície, com ou sem aparelhos ópticos. A habilidade em fazer uma apreciação suficientemente aproximada da rugosidade permite uma especificação acurada da superfície. O quadro abaixo dá os símbolos dos graus de aspereza e o tipo de superfície em que são aplicados.

ESPECIFICAÇÕES DA "ASA" PARA O GRAU DE ASPEREZA DAS SUPERFÍCIES

Símbolo do grau de aspereza	Altura das irregularidades em milionésimos da polegada	Altura das irregularidades em milímetros	Tipo aproximado da superfície
63 M	63 000	1,600 2	Fundições grosseiras e operações mecânicas, onde as estrias deixadas pelas ferramentas são perceptíveis à simples vista ou pelo tato.
16 M	16 000	0,406 4	
4 M	4 000	0,101 6	
1 M	1 000	0,025 4	Torneados, broqueados e fresados.
250	250	0,006 4	
63	63	0,001 6	
32	32	0,000 8	Torneados e broqueados a diamante ou metal duro, retificados, retificados com pedra de afiar, fundições em moldes lisos, sob pressão.
16	16	0,000 4	
8	8	0,000 2	
4	4	0,000 100	Retificados e esmerilhados de precisão.
2	2	0,000 050	
1	1	0,000 025	
½	½	0,000 013	Polimentos de alta precisão.
¼	¼	0,000 006	

169. O antigo sinal do trabalho. O símbolo que por muitos anos esteve em uso era um *f* itálico, com seu traço interceptando a linha, Fig. 441. Este símbolo é difícil de fazer e além disso prejudica a aparência do desenho, sendo, portanto, totalmente inadequado e não recomendável.

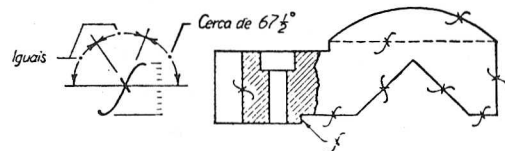



Fig. 441 — Sinal de trabalho

170. Especificação das medidas. Qualquer objeto por complicada que seja sua forma, pode ser decomposto num conjunto de formas geo-

métricas simples, principalmente prismas e cilindros combinadas às vezes com partes de pirâmides e cones, uma vez ou outra, com superfícies de revolução e muito raramente (a não ser no caso das roscas) com superfícies reversas. Se a *grandeza* de cada forma elementar for indicada, juntamente com a sua posição relativa, seja por meio de cotas tomadas a partir das linhas médias ou das linhas principais do desenho, ou seja ainda a partir das superfícies comuns, a indicação das medidas de cada peça pode ser feita de uma maneira simples e sistemática. As medidas podem, então, ser classificadas como *cotas relativas ao tamanho e cotas de locação.*

171. Cotas relativas ao tamanho. Como todo sólido tem três dimensões, cada forma geométrica constitutiva de uma peça deve ter sua altura, largura e profundidade indicada por cotas. A forma mais comumente encontrada é o *prisma* que se apresenta geralmente com altura reduzida, sob a forma de um plinto. Eis a regra geral: *indicar duas das três cotas na vista que mostre a forma do contorno característico e a terceira em uma das outras vistas.* Analisem-se as Figs. 442 e 443 e depois 446.

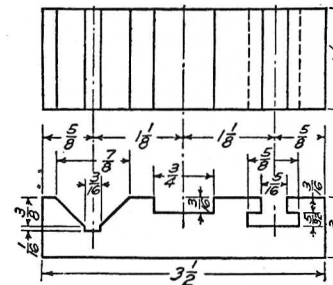



Fig. 442 — Aplicação da regra do contorno característico

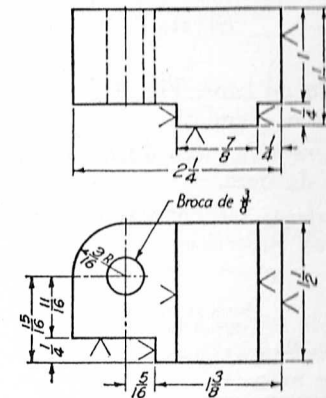



Fig. 443 — Aplicação da regra do contorno característico

A segunda forma mais comum é o *cilindro,* que é encontrado em quase todas as peças de máquina, sob a forma de eixos, furos e saliências pequenas. O cilindro obviamente requer apenas duas medidas, diâmetro e altura. Embora não seja, a rigor, uma regra, é aconselhável dar o diâmetro e a altura na mesma vista, Fig. 444. Excetuam-se desta recomendação os orifícios cilíndricos, onde é preferível indicar o diâmetro, juntamente com a operação a executar, em uma nota colocada nas proximidades do contorno, como nas Figs. 443 e 444. A regra sobre o contorno é aplicável a todos os cilindros parciais, tais como cantos arredondados externos ou internos, cujo raio deve ser dado na vista que mostra sua forma.

Os *cones* podem ser cotados pelo indicação da altura e do diâmetro na mesma vista. Aparecem geralmente sob a forma de troncos de cone, dos quais alguns se apresentam com conicidade pouco acentuada.

A conicidade é indicada em polegadas por pé (diferença entre os diâmetros correspondentes a um pé de comprimento). Para cotar uma parte cônica, quando já se especificou sua inclinação, basta indicar o comprimento e um diâmetro ou ambos os diâmetros, omitindo-se o comprimento

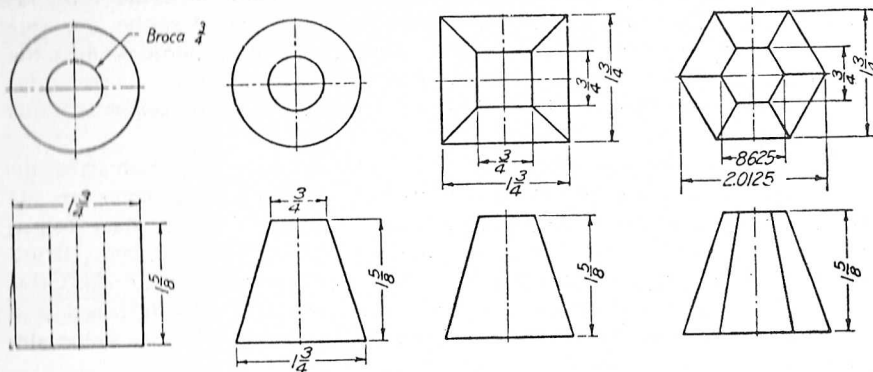



Fig. 444 — Modo de cotar cilindros, cones e pirâmides

do tronco de cone, Fig. 445. Para determinar as cotas de partes cônicas, consultar o apêndice.

As *pirâmides* têm duas das três dimensões dadas na vista que mostra a forma da base.

As *esferas* são cotadas dando-se o diâmetro na vista mais conveniente. As outras superfícies de revolução dimensionam-se cotando a curva geratriz.

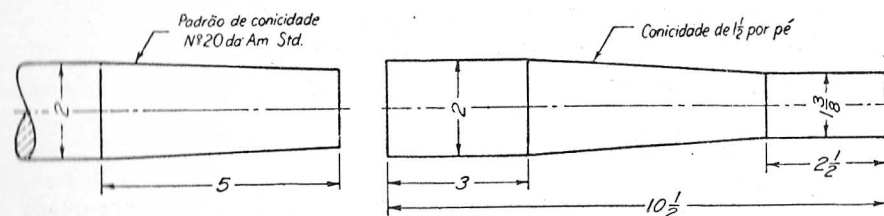



Fig. 445 — Modo de indicar a inclinação das partes cônicas

As *superfícies regradas reversas* são cotadas de acordo com seu modo de geração e, como sua representação requer inúmeros cortes, cada um deles deve ser cotado de modo completo.

172. Cotas de locação. A escolha e distribuição das cotas de locação exigem maior atenção que no caso das cotas relativas ao tamanho. É preciso ter-se sempre em mente as operações a executar no fabrico da peça e o modo como ela se adapta às outras.

Quando se for colocar a cota relativa ao tamanho de uma parte qualquer da peça, é preciso tomar em consideração a indicação da posição da

parte considerada, a fim de evitar o deslocamento de uma cota relativa à grandeza, para dar espaço à de locação. O modo de construção e a precisão exigida, na relação da parte com os outros elementos da unidade ou máquina, devem ser considerados com todo o cuidado.

Na ilustração da Fig. 446, as cotas relativas ao tamanho da base são colocadas de modo que a cota de locação dos rebaixos circulares dos dois furos possa ser posta entre o desenho e uma das cotas relativas ao tamanho. As *relações* entre a saliência em forma de chaveta e os dois mancais estão indicadas pelas cotas verticais de locação, que dão a distância da saliência ao mancal superior e a destes entre si.

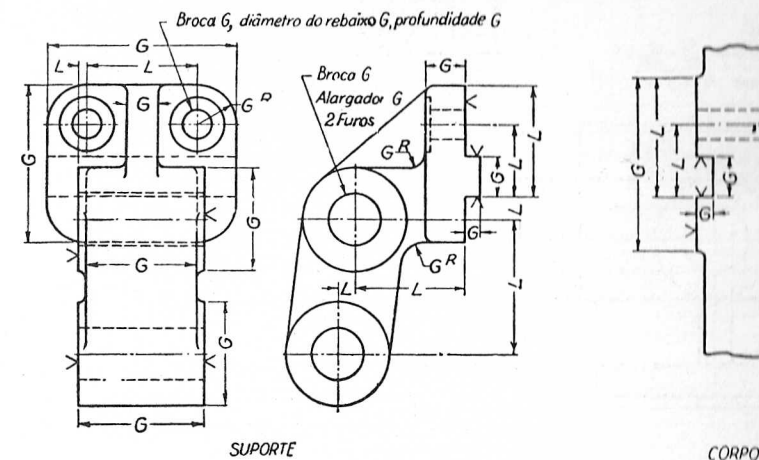



Fig. 446 — Cotas relativas ao tamanho e cotas relativas à posição

Indicam-se as operações mecânicas para os furos da base e dos mancais. Para estes é preciso indicar além da operação mecânica a executar, o grau de precisão exigido. Observe-se que a posição das cotas relativas ao tamanho depende, em parte, da que se dá às de locação. Os dois tipos de cota devem ser, portanto, considerados em conjunto para que se possa alcançar a melhor disposição, onde as linhas de referência só cortem um número mínimo de linhas, não haja amontoamento desnecessário de cotas e cada dimensão seja posta onde possa ser encontrada com rapidez e lida com facilidade.

No desenho da peça à qual vai ser aparafusado este suporte, todas as cotas verticais de locação serão referidas à superfície inferior do rasgo sobre o qual descansará a saliência em forma de chaveta, quando as duas partes estiverem montadas, como mostra a figura.

As superfícies planas serão locadas tendo por referência as linhas médias (eixos de simetria) ou as linhas da base que representem superfícies que devam ser trabalhadas. Cada círculo representativo de um cilindro ou furo terá duas linhas médias em ângulo reto. Localiza-se um eixo, indicando-se as cotas que fixam a posição das linhas médias, como se vê nas Figs. 446 e 447. Geralmente, as cotas de locação são referidas, ou a

uma superfície completamente acabada, ou a uma linha média. Nas peças de fundição grosseira ou forjadas escolhe-se para base uma das superfícies ou, então, uma linha média.

Fig. 447 — Exemplo de dimensionamento (suporte angular do eixo)

173. O emprego sistemático das normas acima indicadas dará, a quem desenha, a segurança de estar cotando os desenhos de modo conveniente e completo. Não só serão dadas assim todas as cotas necessárias, como também serão desprezadas as inúteis.

A capacidade de se conceber no espaço as três dimensões, encarecida nos capítulos anteriores, tem tanta importância para a indicação do tamanho como para a representação da forma. Se, pelo simples exame do desenho, não se conseguir conceber o objeto, será difícil aplicar inteligentemente a teoria das cotas.

174. Colocação das cotas. A adoção de uma seqüência sistemática de operações muito auxiliará a colocação das cotas. A Fig. 448 ilustra o modo de proceder. Em *A*, temos a representação completa da forma. Em *B*, vemos as linhas auxiliares de cota colocadas e as linhas médias prolongadas de acordo com a conveniência. Está pois esboçado o plano para a indicação das cotas relativas ao tamanho e à locação. Em *C*, já foram acrescentadas as linhas de cota. Agora já está definido o lugar das cotas, que devem satisfazer (as de locação e as relativas à grandeza) ao requisito de uma boa distribuição. A seguir, desenham-se as linhas de referência

e a cabeça das setas, como se vê em *D*. Acrescentam-se, finalmente, os algarismos das cotas e os dizeres das notas, como em *E* e *F*. É preciso ter-se o cuidado de não juntar muito as linhas de cota, mantendo-as afastadas, pelo menos, de 7 mm tanto do desenho como entre si.

Fig. 448 — Ordem a seguir no dimensionamento de um desenho

As regras gerais seguintes, grupadas abaixo para maior comodidade, devem ser observadas.

REGRAS RELATIVAS AO MODO DE COTAR

1. As cotas correspondentes a linhas de cota horizontais e inclinadas são lidas da esquerda para a direita e as correspondentes a linhas de cota verticais, de baixo para cima, o que quer dizer que os desenhos devem ser lidos a partir da esquerda e do lado inferior. Ver a Fig. 449.

Fig. 449 — Disposição dos algarismos

Evitar as cotas que correspondam às da zona tracejada. Se isto for inevitável, devem ser lidas de cima para baixo, conforme a direção da linha de cota.

Na indústria de automóveis e de aviões, usa-se comumente escrever *todas* as cotas e notas de modo a serem lidas da esquerda para a direita. Este método tem a vantagem de permitir a leitura dos grandes desenhos, sem ser preciso voltar a cabeça ou o desenho, conforme se vê na Fig. 450.

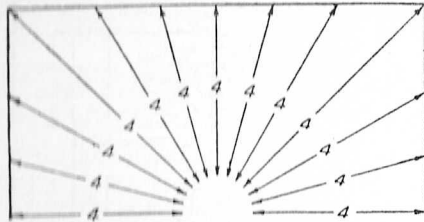



Fig. 450 — Colocação horizontal das cotas

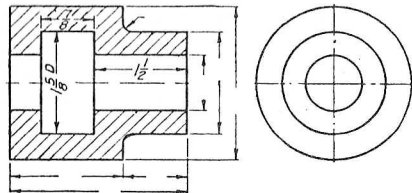



Fig. 451 — Colocação das cotas fora da vista

2. A indicação das cotas na parte externa das vistas é sempre mais conveniente, salvo quando a colocação das cotas no interior das mesmas tornar o desenho mais claro e legível. Para não prejudicar a aparência, devem ficar fora das superfícies tracejadas. Quando for necessário colocá-las aí, o tracejado será interrompido em torno dos números, Fig. 451.

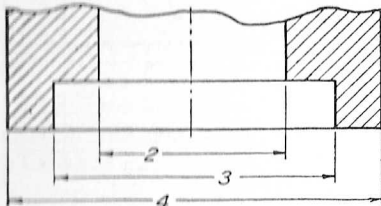
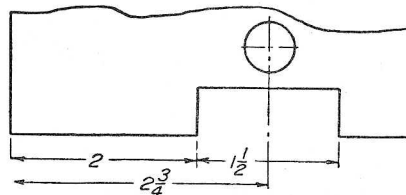



Fig. 452 — Cotas escalonadas

3. Colocar as cotas entre as vistas é uma boa norma, a não ser que existam razões para pô-las em outro lugar, como no caso do desenho da Fig. 447, onde as cotas da base do suporte angular do eixo, devem vir na parte inferior da vista de frente.

4. As linhas de cota paralelas devem ser espaçadas igualmente, ficando suas cotas escalonadas, como se vê na Fig. 452.

5. Os números são colocados no meio de cada linha de cota, exceto quando há interferência com uma linha média, ou quando várias cotas paralelas são escalonadas.

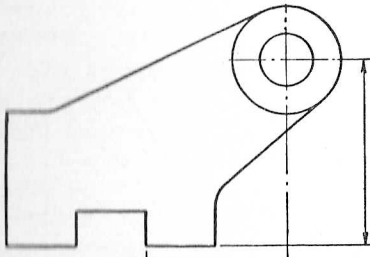



Fig. 453 — Localização por meio de coordenadas

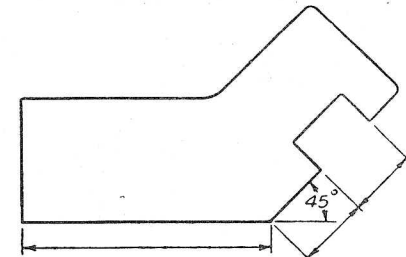



Fig. 454 — Localização por meio de medidas angulares

6. As cotas de locação serão dadas de face acabada a linha média, de linha média a linha média e de face acabada a face acabada. É bom lembrar que as peças de fundição grosseira ou forjadas variam de tamanho e, por isso, não se indicam os furos de broca ou outra operação mecânica, em relação a uma superfície não acabada.

7. A indicação da posição de um ponto ou centro por meio de cotas referidas a duas linhas médias ou superfícies é preferível ao emprego de uma medida angular, a menos que a medida angular seja mais prática do ponto de vista construtivo, Figs. 453 e 454.

8. Para furos igualmente espaçados de uma flange circular, basta dar o diâmetro da circunferência que passa pelos centros dos parafusos juntamente com o número e tamanho dos furos. Ver a Fig. 667.

9. Dar sempre o diâmetro da circunferência e não o raio (brocas, rebaixadores, etc., são todos especificados por seu diâmetro, pois o raio de qualquer furo não pode ser facilmente medido). O número da cota será seguido pela letra *D*, exceto quando a cota dada for evidentemente um diâmetro. O diâmetro dos furos é dado geralmente numa nota, Fig. 455.

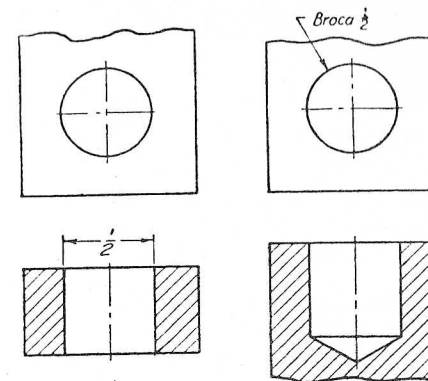



Fig. 455 — Modo de cotar os furos

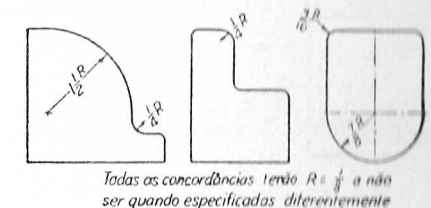



Fig. 456 — Modo de cotar os raios

10. Dar o raio de um arco seguido da letra *R* (a linha de cota de um raio não leva seta no centro do arco). As pequenas concordâncias às vezes não são cotadas, mas indicadas numa nota geral. As cotas de raios não são, nem horizontais, nem verticais, e sim inclinadas, Fig. 456.

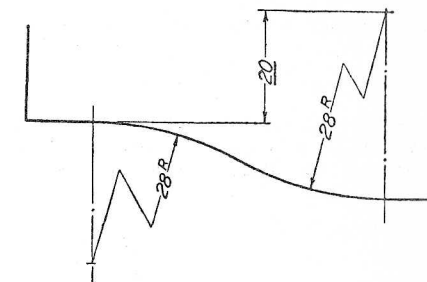



Fig. 457 — Indicação de centros situados fora do desenho

11. O centro de um arco, achando-se fora dos limites do desenho, é dado pela cota do raio e por uma linha de cota quebrada, de modo a fixar a posição do centro, como se vê na Fig. 457.

12. As linhas de cota podem ser contínuas ou escalonadas, dependendo da conveniência e legibilidade. Devem-se preferir as contínuas, sempre que possível, Figs. 458 e 459.

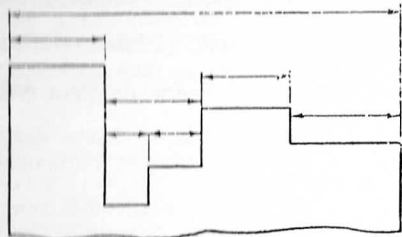



Fig. 458 — Linhas de cota contínuas

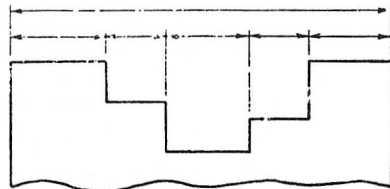



Fig. 459 — Linhas de cota escalonadas

13. Indicar sempre as três cotas totais (há algumas exceções comuns como no caso dos cilindros e das peças com extremidades cilíndricas) por fora de todas as demais.

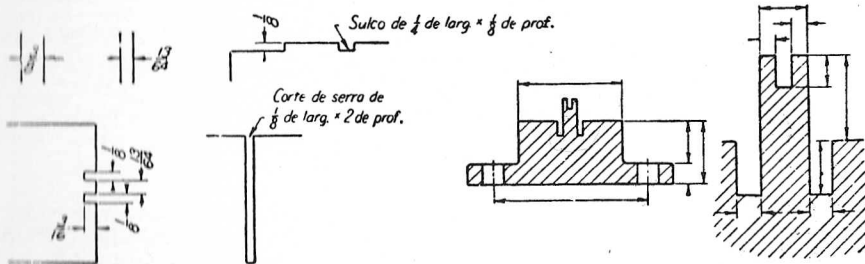



Fig. 460 — Modo de cotar em espaços reduzidos

Fig. 461 — Emprego de cortes ampliados

14. As cotas nunca devem estar aglomeradas. Quando o espaço é pequeno usa-se uma nota ou empregam-se os processos indicados na Fig. 460, mas se for demasiadamente pequeno, recorre-se, então, a um corte ampliado e destacado, ou a uma vista parcial ampliada. Fig. 461.

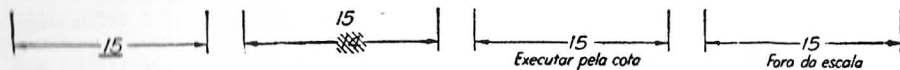



Fig. 462 — Revisão de cotas

15. Cotas fora de escala. Estas ocorrem quando, revisando um desenho, corrigem-se os erros cometidos, e serão indicadas por uma das formas da Fig. 462. Quando ocorrem muitas corrigendas num desenho, são tabeladas com letras de referência.

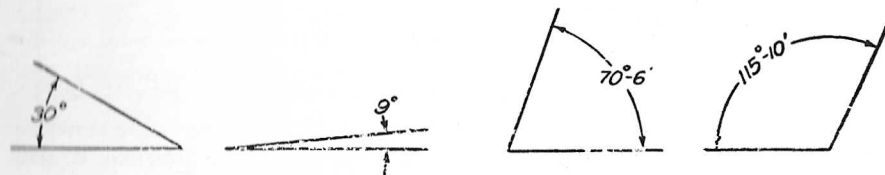



Fig. 463 — Indicação dos ângulos

16. As cotas de ângulos serão colocadas nos arcos horizontalmente, tomando-os como linhas de cota. Os ângulos muito grandes podem excetuar-se, cotando-os segundo a curvatura do arco, Fig. 463.

17. Uma curva pode ser indicada, seja por meio de raios, seja por meio de coordenadas, Figs. 464 e 465.

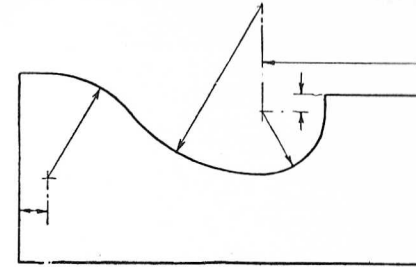



Fig. 464 — Modo de cotar curvas por meio de seus raios

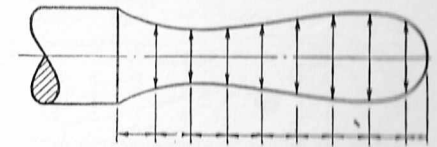



Fig. 465 — Modo de cotar curvas por meio de coordenadas

18. Todas as notas devem ser lidas, sempre que possível, horizontalmente (estando a folha em posição normal).

19. O ponto indicativo de fração, os símbolos que representam pés ou polegadas, etc., devem ser expressos com clareza e ter um tamanho razoável.

HÁBITOS A EVITAR

1. As cotas não devem ser repetidas, salvo em casos especiais.
2. Nunca se indica uma dimensão em relação ao contorno de uma parte circular, mas sim de um centro a outro ou de uma superfície a um centro.
3. Nunca se usa um eixo de simetria como linha de cota.
4. Nunca se emprega qualquer linha do desenho como linha de cota.
5. Não se admite que uma linha de cota corte a linha auxiliar, a não ser que isto seja inevitável.
6. Nunca se coloca um operário na contingência de somar ou subtrair cotas.
7. Nunca se deve exigir que o operário utilize a escala de um desenho.
8. Sempre que possível, uma linha oculta não deve ser cotada.

175. Formas com extremidades arredondadas serão cotadas de acordo com o modo de fabricação respectivo. A Fig. 466 apresenta seis contornos semelhantes cotados diferentemente.

Na conexão *A*, são dados os raios das extremidades e a distância entre os centros, elementos que serão utilizados diretamente pelo operário. Em *B* vê-se o contorno do encaixe de uma chaveta "Pratt and Whitney". Estas são indicadas por sua largura e comprimento total, e portanto o encaixe da chaveta será cotado em correspondência com aquelas medidas. *C* representa o rasgo feito num sólido com uma máquina de fresar e as cotas dadas indicam o diâmetro da fresa bem como o deslocamento da mesa da fresadora. *D* corresponde a um sulco de fundo arredondado, feito com a fresa de uma máquina de fresar e as cotas dão a largura e a profundidade do corte; finalmente *E* e *F* deixam ver duas saliências fundidas para servirem como descanso, tendo as cotas, tal como serão utilizadas pelo modelador.

176. Pés e polegadas. A ASA recomenda que, nas oficinas mecânicas, as dimensões sejam dadas em polegadas até 72". Nos desenhos arquitetônicos, as cotas superiores a 12" são expressas em pés e polegadas. No desenho de estruturas, as dimensões de 10 polegadas para cima já são dadas em pés e polegadas. Na indústria de automóveis todas as cotas são expressas em polegadas.

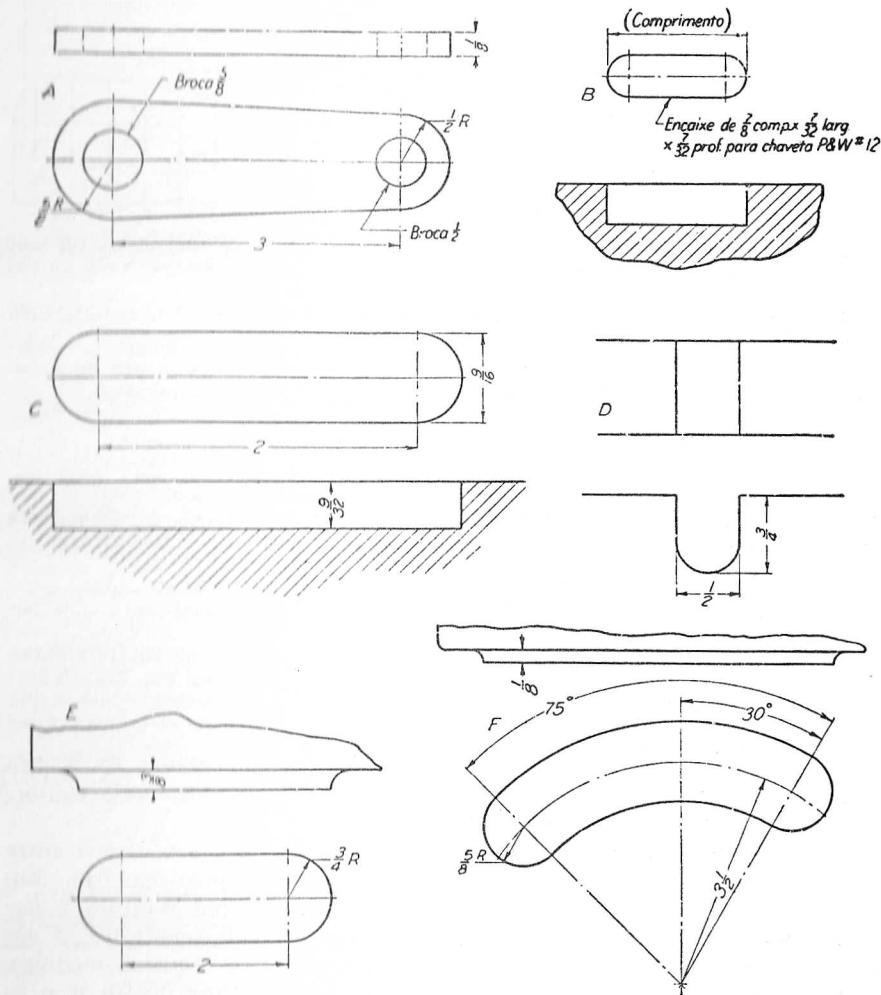



Fig. 466 — Modo de cotar elementos arredondados

177. Modo de cotar em relação a uma linha básica. Este método é usado, principalmente, nas peças estampadas, nas operações das máquinas-ferramentas e noutros trabalhos de precisão. Consiste em tomar duas arestas perpendiculares de faces acabadas ou duas linhas médias em ângulo reto (geralmente as correspondentes ao furo mais próximo das arestas), como linhas de referência, e medir todas as distâncias a partir destas linhas. A chapa-guia, Fig. 467, constitui um exemplo. A vantagem deste processo é que os erros não se acumulam por ocasião da marcação da peça.

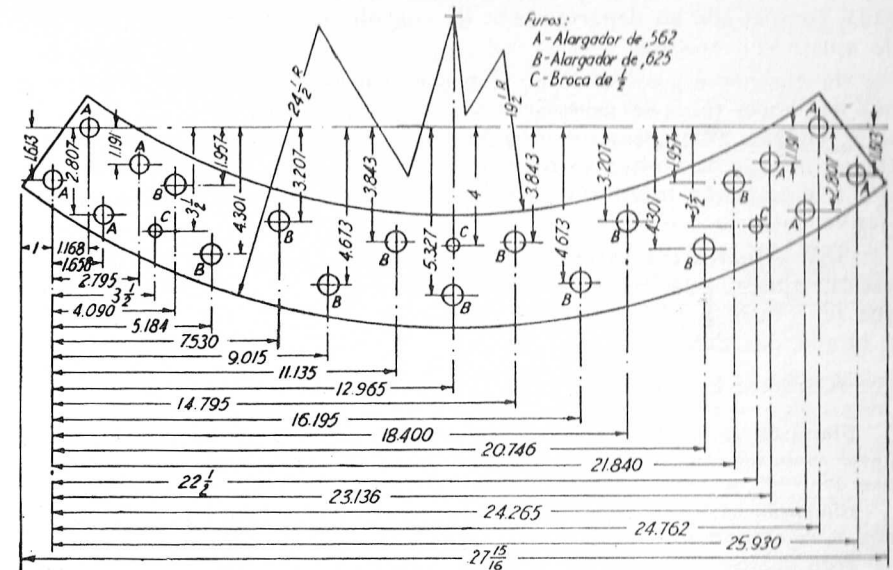



Fig. 467 — Modo de cotar em relação a uma linha de referência

178. Modo de cotar as partes filetadas. A representação, o modo de cotar e as anotações das partes filetadas, de acordo com a ASA, são tratadas em detalhes no próximo capítulo, e por isso não são dadas aqui.

179. Indicação das medidas pelo sistema decimal. Ao cotar-se qualquer desenho para execução, o grau de precisão requerido na fabricação das várias partes ajustáveis é de grande importância. O funcionamento adequado e o custo de uma máquina são, em grande parte, condicionados pelo grau de precisão que a oficina deve observar. Se as cotas forem dadas em frações da polegada, como $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{16}, \frac{1}{32}, \frac{1}{64}$, o operário empregará a escala comum de aço dividida em 1/64 da polegada, com a qual cometerá um erro menor que 1/64 da polegada (isto é, a variação total será de 1/64", ficando a medida real acrescida ou diminuída de $\frac{1''}{128}$). Se a medida for dada pelo sistema decimal, como por exemplo 2.000, a precisão esperada será o número significativo mais próximo, ou, neste caso, 0,001 da polegada (± 0,0005). Se a fração for dada com duas casas decimais somente, como 2,00, a precisão exigida será 0,01 da polegada (± 0,005).

180. Ajustes para a fixação de partes entre si. Para indicar o tipo de ajuste, costumava-se antigamente, indicar a mesma cota para ambas as peças, acrescentando-se então uma nota com os dizeres: "ajustagem fixa", "ajustagem móvel", etc., deixando-se ao arbítrio do mecânico a fixação do tipo de ajuste. Modernamente, usa-se na prática dar a parte fracionária da cota em milésimos ou décimos milésimos da polegada, competindo ao departamento de engenharia a tarefa de fixar o tipo de ajuste conveniente.

Já que não é possível obter as peças com as medidas exatas indicadas nos desenhos, torna-se necessário com o sistema atual de fabricação em série, onde a montagem da máquina deve ser feita com peças intermutáveis, indicar os limites entre os quais pode variar uma dada dimensão, isto é, o tamanho máximo e mínimo, entre os quais deve ficar a medida efetiva para ser aceitável.

181. Ajustes e tolerâncias. Os termos: dimensão nominal, dimensão básica, ajuste, tolerância e limites, estão de tal forma ligados entre si que seu exato significado deve ser bem compreendido, antes de se iniciar o estudo das dimensões limites.

A ASA define-se do seguinte modo:

Dimensão nominal — Denominação dada à subdivisão da unidade de comprimento onde não figure qualquer especificação dos limites relativos à precisão, mas que indique uma dimensão bastante aproximada da dimensão padrão.

Dimensão básica — Dimensão teórica a partir da qual são feitos os cálculos para a determinação dos limites.

Jogo mínimo ou aperto máximo — É uma diferença intencional nas dimensões de duas partes que se ajustam, isto é, o menor jogo (1) ou interferência máxima (2) que se deseja obter entre as mesmas. Esta diferença estabelece a relação de ajustagem entre duas partes de um todo, em outras palavras, representa a variação entre a maior dimensão da parte interna e a menor dimensão da parte externa. O ajuste é estabelecido de acôrdo com as diferentes classes do acoplamento.

Tolerância — É a amplitude máxima da variação de uma medida na prática.

Limites — São as dimensões extremas entre as quais pode variar a dimensão efetiva.

Para ilustrar estes termos, tomemos, como exemplo, um eixo de 2 polegadas que deve se ajustar a um mancal. A *dimensão nominal* é 2″. A *dimensão básica* é a dimensão teórica do furo, 2,000″. O jogo mínimo para o eixo girar no mancal pode admitir-se como sendo de 0,003″. As *tolerâncias*, tanto no eixo como no mancal, *podem* ser iguais e, no caso admitidas como de 0,001″. Aplicando-se esta tolerância ao mancal, a dimensão poderá oscilar entre o limite mínimo de 2,000″ e o máximo de 2,000 + 0,001 = 2,001″. Os limites para o eixo serão a diferença entre a dimensão

(1) N. do T.: *Jogo* ou *folga*, é a diferença entre a dimensão efetiva do furo e a do eixo, quando o furo é maior que o eixo.

(2) N. do T.: *Interferência* ou *aperto* é a diferença entre a dimensão efetiva do furo e a do eixo, quando este é maior do que aquele.

básica e o jogo mínimo (2,000 — 0,003 = 1 997), como máximo, e este máximo menos a tolerância (1,997 — 0,001 = 1,996) como mínimo. Estes limites serão indicados no desenho como mostra a Fig. 468.

Neste exemplo, o jogo mínimo (eixo máximo e furo mínimo) corresponderá a uma folga de 0,003″ e o jogo máximo (eixo mínimo e furo máximo) a uma folga de 0,005″.

Fig. 468

O exemplo precedente corresponde ao sistema de ajuste *furo normal*, onde o tamanho mínimo do furo é tomado como ponto de partida para o cálculo dos outros limites. Quando, em um eixo, ocorre um certo número de acoplamentos com a mesma dimensão nominal, como no caso de uma árvore de transmissão, usa-se o sistema de ajuste *eixo normal* em lugar do precedente, tomando-se como dimensão básica o diâmetro máximo do eixo.

A Fig. 469 é um exemplo do emprego de cotas limites.

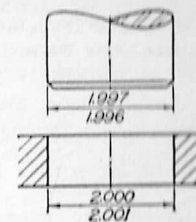
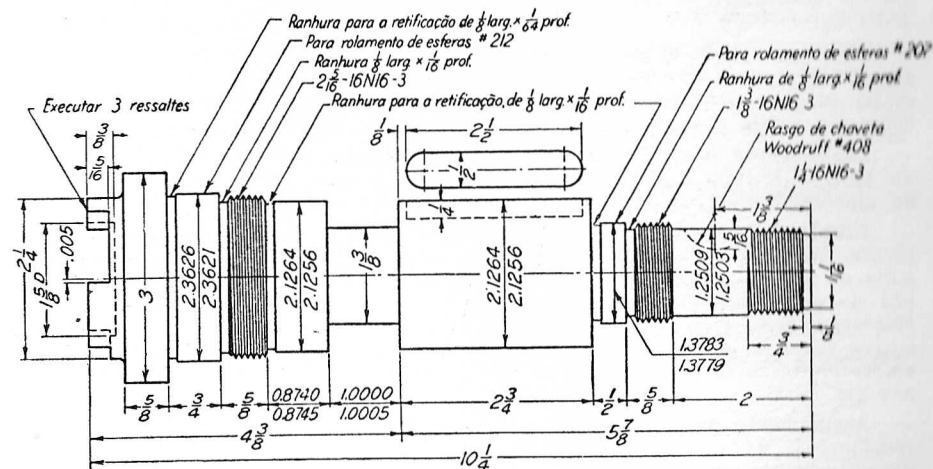



Fig. 469 — Dimensões limites (embreagem)

182. Classes de acoplamento. Empregam-se os ajustes em correspondência com o tipo de acoplamento, que varia de acordo com a classe de máquina. Quando uma parte move-se dentro de outra, tem-se o caso de acoplamento móvel, onde o eixo é menor que o furo, havendo portanto um jogo ou folga entre ambos. No caso de acoplamento fixo, teremos o aperto ou interferência, onde o eixo é maior que o furo.

A ASA estabeleceu um sistema de ajustes com oito espécies de acoplamento e organizou tabelas, para cada um dos oito tipos. Nestas tabelas, encontram-se as dimensões limites correspondentes aos dois elementos (externo e interno) a ajustar. Estes dados podem ser compulsados no apêndice deste livro.

SISTEMA DE AJUSTES DA ASA

Acoplamento folgado (Classe 1). Jogo grande. Este tipo de acoplamento permite bastante jogo e abrange os acoplamentos onde a precisão não é essencial.

Exemplos: Acoplamentos de máquinas agrícolas ou de minas; aparelhos de controle dos trabalhos de marinha; máquinas têxteis, máquinas para a industrialização da borracha e fabrico de massas; maquinaria geral deste mesmo grau; algumas viaturas e petrechos militares.

Acoplamento normal livre (Classe 2). Jogo regular. Para acoplamentos rotativos com 600 ou mais rotações por mínuto e com uma pressão no munhão igual ou superior a 600 libras por polegada quadrada ($42{,}114 \frac{kg}{cm^2}$).

Exemplos: Dínamos, motores, muitas partes de máquinas-ferramentas e algumas de automóveis.

Acoplamento estreito (Classe 3). Jogo pequeno. Para acoplamentos rotativos com menos de 600 r. p. m. e com uma pressão no munhão inferior a 600 libras por polegada quadrada ($42{,}114 \frac{kg}{cm^2}$). É empregado também nos acoplamentos deslizantes e nas partes de maior precisão das máquinas-ferramentas e dos automóveis.

Acoplamento de contacto (Classe 4). Jogo mínimo nulo (1) — Este é o acoplamento mais apertado que se pode montar a mão e exige um trabalho muito preciso. Emprega-se quando não se admite qualquer trepidação, assim como nas partes que não estão sujeitas a suportar carga durante o movimento.

Acoplamento normal fixo, torção e compressão (Classe 5). Do jogo nulo ao aperto. É feito praticamente de metal contra metal. Em geral, são casos de montagem seletiva, onde as peças não são intermutáveis.

Acoplamento semi-apertado (Classe 6). Aperto pequeno. Exige-se uma leve pressão na montagem deste acoplamento, cujas partes são ajustadas de forma mais ou menos permanente, tal como no caso das extremidades fixas dos pinos de engrenagem, polias, braços dos balanceiros, etc. Este acoplamento é empregado nos casos de ajustagem fixa de pequenas seções ou muito longa com outros tipos de seções, e também nos casos de ajustagem com constrição, de seções muito delgadas. É usado na fabricação de automóveis, canhões e máquinas em geral.

Acoplamento apertado (Classe 7). Aperto regular. Exige-se uma pressão considerável na sua montagem, ficando as partes do acoplamento ajustadas definitivamente. É empregado na fixação das rodas de locomotiva, rodas de carro, armaduras de dínamos e motores e na ajustagem de manivela com seus respectivos eixos. Usa-se também nos casos de ajustagem, com constrição, de peças de seção média, ou de acoplamento longo. Este é o ajuste mais apertado recomendável para furos em ferro fundido ou para elementos externos, porque faz o ferro fundido trabalhar no seu limite de elasticidade.

Acoplamento por pressão (Classe 8). Aperto considerável. E' empregado no caso de furos em aço onde o metal pode ficar sujeito a grandes esforços, sem exceder seu limite de elasticidade. Estes ajustes provocam um esforço excessivo nos furos de ferro fundido. A ajustagem com constrição emprega-se nos casos em que se torna impraticável a ajustagem mediante pressão, isto é, nos aros das rodas de locomotiva, pratos pesados de manivelas de grandes motores, etc.

(1) N. do T.: Jogo mínimo — diferença entre a dimensão limite mínima do furo e a dimensão limite máxima da espiga.

183. Exemplos de dimensões limites e emprego das tabelas ASA. Suponhamos um eixo de 1″ destinado a trabalhar com o tipo de ajustagem n.º 1. A *dimensão nominal* é 1″ e a *básica*, 1,000″. A tabela ASA do apêndice, pág. 627, indica que o furo pode variar de 0,000 a 0,003, onde 0,003 é a *tolerância para o furo*.

A tolerância aplicada à dimensão básica de 1,000 dará 1,000 para dimensão mínima do furo e 1,003, para a máxima, Fig. 470.

A tabela mostra que o eixo pode variar de — 0,003 a — 0,006. A *tolerância* efetiva *para o eixo* é a diferença entre estes dois valores negativos, isto é, 0,003″. Estes dois valores negativos aplicados à dimensão básica de 1,000 dará 0,997 como dimensão máxima do eixo e 0,994, como mínima.

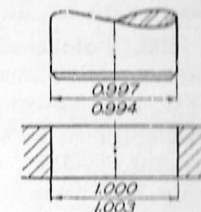



Fig. 470 — Ajustagem com jogo

Da definição de ajuste, diferença entre o eixo máximo (0,997) e o furo mínimo (1,000), o jogo será de 0,003. Observe-se que a cota do furo tem sua dimensão mínima colocada acima da linha de cota, e a do eixo está com a sua máxima acima da linha de cota, e isto por conveniência da usinagem. A diferença entre as duas dimensões limites do furo e do eixo, que se acham acima das linhas de cota respectivas, é o jogo mínimo.

No exemplo precedente, o ajuste do acoplamento é um ajuste com jogo, isto é, o eixo deve girar no furo (mancal). Quando o eixo deve ter uma ligação permanente com o furo (cubo) usa-se o ajuste com interferência, fazendo-se o eixo maior que o orifício, como no exemplo seguinte:

Dimensão nominal 2″. Ajustagem n.º 8. Dimensão básica 2,000. Da tabela ASA, tiramos:

Furo ou parte externa	Eixo ou parte interna
+ 0,0008 e 0,0000	+ 0,0028 e + 0,0020

Estes valores aplicados à dimensão básica dão as dimensões limites, Fig. 471.
Tolerância para o furo: 2,0008 — 2.0000 = 0,0008
Tolerância para o eixo: 2,0028 — 2,0020 = 0,0008
Aperto máximo: 2,0028 — 2,0000 = 0,0028

Fig. 471 — Ajustagem com aperto

Fig. 472-A Tolerâncias unilaterais:

Fig. 472-B os dois processos

184. Tolerâncias unilaterais. A ASA emprega as tolerâncias unilaterais isto é, aquelas que estão inteiramente abaixo ou acima da dimensão básica (ver o exemplo precedente).

Na Fig. 472 o processo indicado em *A* é o aprovado pela ASA e recomendado nos casos de emprego de calibres e também para partes pequenas. O processo da Fig. 472 *B* é, às vezes, empregado, sendo aconselhado no caso de partes grandes onde não se utilize o calibre; o operário deve então executar operações de adição e subtração.

185. Tolerâncias simétricas. Outro processo, conhecido na América como o das dimensões limites bilaterais, embora não recomendado pela ASA, é largamente adotado. Neste processo a tolerância é dividida de forma que metade dela fica acima e metade abaixo da dimensão básica. Eis um exemplo: dimensão nominal 2″, acoplamento folgado; tolerância, tanto para o furo como para o eixo, 0,001; jogo mínimo, 0,003.

Para o furo a tolerância, aplicada à dimensão básica, para diâmetro: 2,0000 ± 0,0005. A folga mínima é, então, subtraída da dimensão básica para se ter a dimensão média do eixo: 2,0000 — 0,0030 = 1,9970. A tolerância sendo, agora, aplicada, a cota do eixo será de 1,9970 ± 0,0005, Fig. 473.

186. Tolerância para as distâncias entre centros. Toda vez que os furos forem dispostos de modo a permitir ligações intermutáveis, a tolerância para os eixos, pinos, etc., como também para os mancais ou furos das peças a ajustar, influirá na determinação da tolerância admissível para a distância entre centros. Observe-se que se dermos, no caso da Fig. 474, uma menor tolerância para os pinos e furos é preciso também guardar uma tolerância menor para a distância entre os eixos dos furos. Uma folga menor, na ajustagem dos pinos, produzirá um acoplamento mais apertado e reduzirá as tolerâncias admitidas para a distância de centro a centro. Estude com atenção as dimensões das duas peças a ajustar.

Fig. 473 — Tolerâncias simétricas

Fig. 474 — Tolerância para distâncias entre furos

187. Tolerância para as medidas angulares. Quando se torna necessário dar a uma medida angular uma certa precisão, recorre-se, em geral, ao emprego da tolerância bilateral, como por exemplo 32° ± ½°. Se for dada em minutos, escrever-se-á ± 0° — 10′ e se for em segundos, ± 0′ — 30″. Quando a localização de um furo ou de qualquer outro elemento depender da medida angular, o comprimento ao longo do lado do

ângulo condiciona a tolerância angular permitida. A tolerância de ± 1° dá uma variação de 0,035 de polegada para um comprimento de uma polegada, e pode, assim, ser tomada como base para o cálculo da tolerância de um problema.

Admitamos, por exemplo, que se permita uma variação de 0,007 de polegada. Teremos então: $\frac{0{,}007}{0{,}035} \times 1° = 1/5°$ que é a tolerância angular para o comprimento de uma polegada. Se o comprimento tiver 2″, a tolerância será, então, a metade da computada para 1″, ou $\frac{1°}{5} \times \frac{1}{2} = \frac{1°}{10} = 0° — 6′$.

188. Tolerância para os elementos concêntricos. Diz-se que duas superfícies geométricas são concêntricas quando seus centros ou eixos coincidem. A ajustagem de duas ou mais superfícies cilíndricas usinadas num acoplamento de jogo reduzido exige que os eixos das diversas partes não ultrapassem uma certa excentricidade limite, para que possam ser adaptadas. Daí a necessidade de um processo que dê o desvio permitido. Um deles consiste em assinalar as cotas com letras de referência e dar, em forma de nota, a tolerância admitida, como no caso *A* da Fig. 475.

Fig. 475 — Tolerância relativa à excentricidade

As letras de referência podem ser dispensadas, quando a nota é colocada diretamente ao lado das superfícies como se vê em *B*. Para se compreender melhor o processo seguido na indicação das tolerâncias admitidas para as diversas partes concêntricas, que serão trabalhadas em conjunto, deve-se estudar e analisar as medidas relativas aos diferentes elementos. Neste caso a maior parte interna possível ajustada à menor externa cons-

tituirá o caso mais delicado do ponto de vista da montagem, e, de acordo com as medidas, haverá uma folga de 0,001" entre o par superior de cilindros, como também entre o inferior, se os eixos das diferentes partes cilíndricas, tanto em *A* como em *B*, coincidirem perfeitamente.

Se considerarmos, agora, os eixos dos dois cilindros da peça *B* com a *excentricidade* de 0,0005" (que corresponde à tolerância dada), então duas das superfícies acopladas tocar-se-ão de um lado, como mostra o desenho *F*. Se também a peça *A* for considerada com a *excentricidade* de 0,0005", um lado do par superior de cilindros ficará em contacto, e os dois cilindros inferiores tocar-se-ão então do lado oposto, como está graficamente ilustrado em *G*. Nestas condições, quando as duas peças atingem a excentricidade máxima permitida pela tolerância, observa-se: que a parte interna pode girar, que em qualquer posição, haverá contacto nos lados opostos, como já foi mostrado, e que, se uma das peças sofre uma rotação de 180° em relação à posição primitiva, prevalecerá a mesma folga, como se as peças fossem perfeitamente concêntricas. Estudem-se as medidas de ambas as partes e observe-se que qualquer mudança feita nas dimensões limites dos diâmetros provocará uma correspondente modificação nas tolerâncias relativas à excentricidade, a fim de permitir a montagem das partes.

189. Para indicar corretamente estes limites, necessita o desenhista, não só de certa experiência sobre a fabricação da peça, como também de um estudo particular do mecanismo em questão, a fim de estabelecer o grau de precisão necessária e especificar então adequadamente os tipos de ajustagem e respectivas tolerâncias. A seguinte citação da ASA trata do caso em questão:

> Ao determinar o tipo de ajustagem a empregar, o engenheiro sempre deve ter em vista que o preço de custo, geralmente, cresce proporcionalmente à precisão exigida e que não se deve escolher uma ajustagem mais precisa senão quando for requerida efetivamente por motivo de ordem técnica. Pode dizer-se com todo o rigor que, quanto mais apertado for um acoplamento, menor serão as tolerâncias de fabricação e mais alto o preço. O comprimento da superfície a acoplar é um dos elementos que mais influi na determinação do tipo de ajustagem a empregar na execução de uma determinada peça. É evidente que uma superfície a ajustar comprida exigirá maior folga que uma curta e este fato deve ser tomado na devida consideração.

190. Modo de cotar uma meia vista-meio corte. É, em geral, difícil dimensionar claramente uma meia vista-meio corte, sem que haja possibilidade duma informação ambígua, confusa ou amontoada. O uso abundante de notas, a colocação cuidadosa das linhas de cota, das linhas de referência e dos números será, em muitos casos, suficiente para fazer-se um dimensionamento claro, mas, em virtude da dificuldade que apresenta, estabeleceu-se o que segue com força de regra: *quando a meia vista-meio corte não puder ser cotada com clareza, emprega-se uma vista extra completa ou parcial, para anotar as dimensões.*

Os diâmetros internos, nominais ou com limites indicados, serão seguidos da letra *D* e a linha de cota será traçada além do eixo de simetria, a fim de evitar a possibilidade da cota ser lida como um raio, Fig.

476. As cotas das partes interiores são geralmente postas dentro da vista, para evitar que as linhas auxiliares de cota se confundam com o contorno das partes externas.

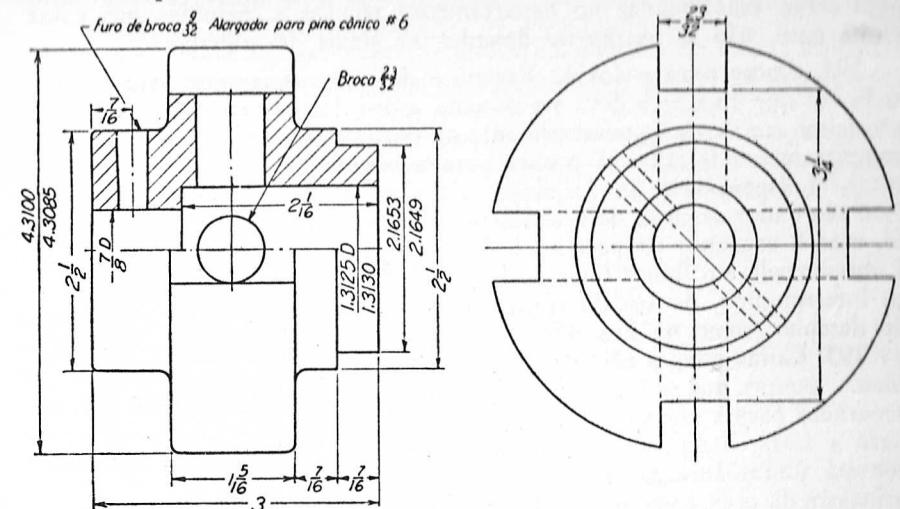



Fig. 476 — Modo de cotar uma meia vista-meio corte (bloco de cavilha)

191. Cotas para a oficina de modelos. Alguns escritórios técnicos preparam uma série de desenhos correspondentes aos modelos, das peças que serão fundidas, para uso exclusivo da oficina de modelos, contendo unicamente os dados necessários ao modelador. A Fig. 477 ilustra um

Fig. 477 — Desenho para a oficina de modelos

Fig. 478 — Desenho para a forja

destes desenhos, o qual representa um disco para a usinagem de dentes de engrenagem. Quando o peso da peça fundida bruta for um fator apreciável no trabalho de produção, as tolerâncias para o acabamento e a saída da peça serão especificadas no departamento técnico e incluídas nas cotas. Neste caso, não se usarão no desenho, os sinais de trabalho.

192. Cotas para a forja. Fazem-se desenhos separados para a forja, toda vez que uma peça deva ser usinada após o forjamento. Êstes desenhos são feitos em escala (preferìvelmente na escala natural) e mostram a peça completamente forjada, já pronta para a oficina mecânica, com todas as cotas, indispensáveis ao forjamento. Não são dadas as cotas de acabamento, mas o contorno da peça acabada é apresentado em linhas finas de traço interrompido, dentro do contorno do desenho, como na Fig. 478.

193. Cotas para a oficina mecânica. Sempre que se façam desenhos separados para a oficina de modelos e para a forja, o da oficina mecânica conterá unicamente as cotas para a usinagem da peça, como na Fig. 479. O sistema de desenhos separados evita o congestionamento de cotas, tornando mais fácil a execução das operações indicadas. De outro lado, o sistema de um único desenho tem a vantagem de fornecer todos os dados sobre a peça, em uma única folha de papel. Os parágrafos de 177 a 190 tratam do modo de cotar os desenhos destinados à oficina mecânica.

Fig. 479 — Desenho para a oficina mecânica

194. Cotas para a oficina de montagem. Estes dados, postos no desenho de conjunto, identificam e localizam as diferentes partes de modo a permitir que a máquina seja, por seu intermédio, montada. Às vezes o desenho é feito numa folha separada e se denomina "desenho para montagem".

195. Cotas que interessam ao comprador. Antes do recebimento da máquina, o comprador precisa de certos dados relativos ao tamanho, tais como: a maneira de montá-la, as dimensões das fundações, a localização dos parafusos, a área e a altura necessárias (quando todos os órgãos móveis estão na posição mais desfavorável), a locação da fonte de energia, o número de rotações por minuto das polias motoras, das rodas dentadas ou do motor, a locação de quaisquer tubos ou fios, etc. Estes dados são fornecidos pela planta das fundações ou por um desenho de montagem (mostrando apenas o contorno), e preparados para uso do freguês. Em alguns casos manda-se ao comprador o desenho de um gabarito, que deve ser executado, para que se possa determinar a localização dos parafusos das fundações.

196. Modo de cotar desenhos em perspectiva. Quando se usa a perspectiva isométrica ou outra qualquer para os desenhos destinados à execução, a representação da grandeza é, muitas vezes, mais difícil que a da forma. Tomando como base os princípios deste capítulo, a regra geral a obedecer é fazer todas as linhas auxiliares e de cota paralelas aos eixos e colocar os números de tal forma que pareçam estar situados sobre o plano da face que contém a parte cotada. Para isso é preciso que os números sejam desenhados em perspectiva e representem algarismos do *tipo vertical.* Linhas de referência e dimensões, dadas sob a forma de notas, serão necessárias com mais freqüência que nas projeções ortogonais. A Fig. 480 mostra este modo de cotar.

Fig. 480 — Modo de cotar um desenho em perspectiva (bloco de apoio)

197. Notas, listas de peças, etc. Certos dados indispensáveis que não podem ser desenhados, precisam, todavia, ser acrescentados sob a forma de notas. Êstes se referem à quantidade exigida de cada peça, à espécie do material, à natureza do acabamento, ao número e espécie de parafusos e a qualquer outra indicação sobre a construção ou o emprego. Uma nota pode constar de uma única palavra, junto a uma linha de referência apontando para a superfície, ou de uma frase escrita ao lado da parte em questão, e deve ser lida horizontalmente em relação à folha. As observações gerais referentes à máquina em conjunto ou a todos os desenhos de uma mesma folha são reunidas em uma única nota feita em lugar conveniente.

Não se deve ter receio de pôr notas nos desenhos. Completa-se a linguagem gráfica das linhas com a linguagem escrita, sempre que um esclarecimento seja vantajoso, mas se terá o cuidado de empregar palavras precisas, que não deixem dúvida sobre seu significado.

Se uma nota referente à forma de uma peça economizar uma vista, sem prejuízo da clareza, deve ser usada. Se, ao detalhar peças colocadas

NOTA (aparece em)	PC. No.	NOTA (aparece em)	PC. No.	NOTA (aparece em)	PC. No.	NOTA (aparece em)	PC. No.
Tornear internamente	4	Concordância interna	3	Encalcar	9	Corte	2
Retificar com a brocha	9	Sinal de trabalho 8(novo)	9(velho)	Decapagem quimica	9	Rebaixo	7
Chanfrar	8	Retificar	6	Banho	3	Rebaixar raso	3
Moldar com macho	8	Temperar	7	Polir	2	Roscar com machos	3,9
Rebaixar	9	Tratamento térmico	6	Alargar	1	Conicidade	6
Escarear	2	Ranhura de chaveta	1,7	Concordância externa	3	Rosca	1,5
Bolear	4	Recartilhar	6	Limpar com jato de areia	3	Decapagem em tambor rotativo	8
Broquear	1,2,3,9	Modelo	3	Corte de serra	9	Tornear	6

Fig. 481 — Palavras em uso nas notas dos desenhos

simetricamente à direita e à esquerda, de uma outra, necessitar-se de modelos diferentes, ambas devem ser desenhadas; se for possível usar um só modelo que deva ser usinado à direita e à esquerda, ambas serão desenhadas; se forem idênticas e, apenas, montadas à direita e à esquerda, executa-se um único desenho, indicando, em nota, a quantidade necessária. Elementos padronizados, tais como: parafusos, pinos cônicos, arruelas, chavetas e porcas não serão desenhados em detalhe, quando especificados em nota ou na lista de peças.

A Fig. 481 apresenta as palavras cujo uso é recomendado nas notas que mais ou menos freqüentemente surgem nos desenhos.

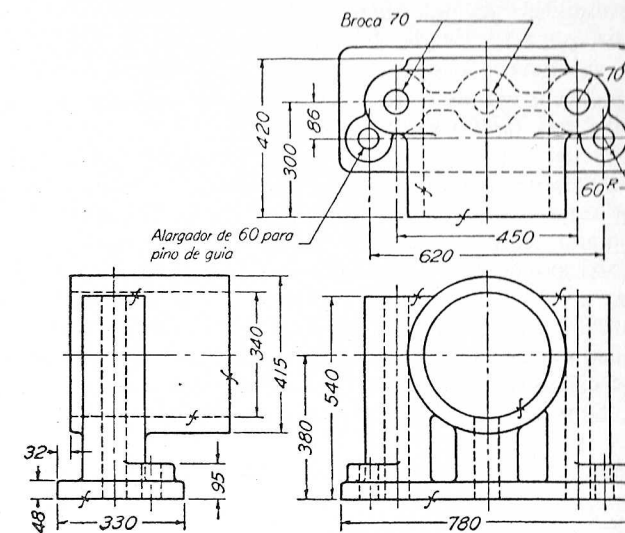



Fig. 482 — Desenho cotado segundo o sistema métrico (mancal da frente do eixo do excêntrico, motor de avião, Hispano-Suiço)

198. O sistema métrico. O conhecimento do sistema métrico é indispensável mesmo nos Estados Unidos, pois, além de ser o sistema oficial na maioria dos países civilizados, está sendo usado com freqüência cada vez maior nos desenhos executados nos Estados Unidos. A primeira norma internacional no terreno da mecânica é a que se refere aos rolamentos de esferas, a qual foi feita de acordo com o sistema métrico, com exceção dos elementos relativos ao tamanho das esferas.

Os desenhos no sistema métrico não são feitos na escala de 1/2 ou 1/4. A primeira escala usual abaixo da natural é de 1/5, depois 1/10. Algumas vezes se emprega a escala 1 : 2,5. A unidade de comprimento dos desenhos é o milímetro (mm) e se convenciona que todos os números sejam expressos em milímetros, sem qualquer símbolo indicativo. A Fig. 482 exemplifica o modo de cotar de acordo com o sistema métrico. No apêndice, encontra-se uma tabela de conversão das unidades de comprimento inglesas em unidades métricas decimais.

199. O sistema decimal *Ford*. Desde o ano de 1932, a Ford Motor Company tem usado um sistema decimal próprio, no dimensionamento de seus desenhos e nas operações de manufatura.

Este sistema abandona a fastidiosa subdivisão da polegada em quartos, oitavos, etc., e adota a divisão decimal. Isto assegura uma das principais vantagens atribuídas ao sistema métrico sem os inconvenientes que provocaria a sua adoção universal.

Nos escritórios técnicos e nas diversas oficinas das fábricas Ford, todas as escalas, graduadas segundo as frações comuns da polegada, foram substituídas por outras baseadas na subdivisão da polegada em décimos, os quais, para facilidade de leitura, tem a menor subdivisão correspondente a 1/50 da polegada em vez de centésimos. A Fig. 483 mostra um trecho dessas escalas.

Fig. 483 — A escala Ford

Todas as distâncias, expressas e cotadas anteriormente com suficiente grau de precisão, mediante o emprego das subdivisões comuns da polegada, são dadas por uma casa decimal, como 3, 5 ou 2, 6. Onde se exige uma aproximação maior, emprega-se uma segunda casa decimal, de modo que o algarismo correspondente seja sempre múltiplo de 2, como 3,56 ou 2,62, para que possa ser lida diretamente. Nas medidas de maior precisão, feitas com o micrômetro, e na indicação de dimensões limites, o problema consiste, apenas, em acrescentar novos números aos já existentes. A vantagem para os cálculos e as verificações, a dispensa do emprego de tabela de conversão, bem como a redução das possibilidades de erro, é de todo evidente.

A Fig. 484 que ilustra este sistema é um desenho da Ford.

Fig. 484 — Um desenho Ford (gabarito)

Sugerimos que um ou dois problemas dentre os das Figs. 592 a 600, sejam desenhados, cotando-os segundo o sistema decimal usado pela Ford.

EXERCÍCIOS

200. Os problemas seguintes são dados como estudo preliminar do modo de cotar, ao qual se aplicarão os princípios contidos neste capítulo. Deve prestar-se atenção aos processos de usinagem expostos, no capítulo X, e indicar, quando possível, sob a forma de nota, as operações mecânicas a realizar.

Os furos e outros elementos serão localizados tendo-se por referência os eixos e superfícies acabadas que tenham relação com os mesmos. Todo desenho para execução constituiu, pois, um problema de especificação de medidas.

Fig. 485 — Bucha de engrenagem

Fig. 486 — Base rotante

Grupo I. Peças a serem desenhadas e cotadas.

As ilustrações estão todas desenhadas na escala de 1:2 ou 1:4. Devem ser executadas em tamanho natural, usando a escala ou transportando as distâncias com o compasso de ponta seca, e acrescentando todas as dimensões necessárias à construção. As superfícies acabadas serão determinadas e marcadas em cada problema.

1. Fig. 485. A bucha de engrenagem composta, empregada na engrenagem de avanço, é feita de ferro fundido e tem acabamento em todas as faces.

2. Fig. 486. A base rotante, para ajustamento angular, é de baquelita fundida em molde de metal, sob pressão.

3. Fig. 487. Suporte de eixo, de ferro fundido. O assento do rasgo e a extremidade da frente do cubo são superfícies acabadas. O furo do cubo é torneado internamente; o furo da base é feito com broca e rebaixado.

Fig. 487 — Suporte de eixo

Fig. 488 — Suporte da espiga

4. Fig. 488. Suporte da espiga de ferro fundido e entalhes feitos mediante o emprego de machos, tendo todas as superfícies de contacto acabadas.
5. Fig. 489. Suporte deslizante de aço fundido. As superfícies acabadas estão indicadas com o sinal de trabalho da ASA. Indicar o grau de aspereza das superfícies.

Fig. 489 — Suporte deslizante

Grupo II. Execução de desenhos cotados, segundo modelos dados.

Um excelente exercício de distribuição de cotas é fazer um desenho de detalhe de qualquer modelo fundido ou forjado, ou de um que seja feito a propósito. Os modelos antigos ou inúteis podem ser obtidos de companhias que fabricam uma grande variedade de peças pequenas, e cujos modelos para peças fundidas ou forjadas são jogados fora. O conhecimento do modo de medir, conforme está exposto no capítulo XVIII, torna-se, portanto, indispensável. Ao se tomarem as medidas de um modelo, deve-se empregar sempre a escala de contração, indicando-se as tolerâncias correspondentes às superfícies que sofrem acabamento.

Grupo III. Execução de desenhos cotados feitos segundo desenhos em perspectiva.

Os exercícios apresentados sob a forma de desenhos em perspectiva nos capítulos VII, VIII e IX, podem ser aproveitados para exercícios sobre o modo de cotar quer colocando cotas nas vistas de um desenho já executado na série relativa à representação da forma, ou então em um outro que ainda não tenha sido feito. Abaixo damos doze problemas escolhidos, graduados em ordem de dificuldade.

6. Fig. 245. Pedestal. Nenhuma de suas superfícies sofre acabamento.
7. Fig. 248. Cunha ranhurada. O entalhe, e a base são superfícies acabadas.
8. Fig. 257. Batente de canto. A parte superior do entalhe, o canto chanfrado e a base são acabadas.

9. Fig. 260. Base-guia. O entalhe vertical, a face do ressalto e a base são superfícies acabadas.
10. Fig. 262. Excêntrico. Todas as superfícies são trabalhadas.
11. Fig. 267. Patim do freio. As extremidades do cubo e a superfície de frear são acabadas.
12. Fig. 277. Garfo de mudança. Todas as superfícies de contacto sofrem acabamento.
13. Fig. 279. Guia do eixo. O apoio em forma de *L* e a extremidade do cubo são acabadas pela usinagem.
14. Fig. 345. Gabarito angular. Inteiramente usinado.
15. Fig. 348. Base angular do eixo. A base e a superfície inclinada sofrem acabamento.
16. Fig. 353. Bloco radial giratório. Todas as superfícies de contacto são acabadas.
17. Fig. 360. Junção transversal. As bases de apoio são acabadas.

Grupo IV. Exercícios sobre o modo de cotar esboços.

18, 19, 20 e 21. Figs. 490 a 493. Traçar a mão livre as projeções ortogonais correspondentes às peças desenhadas abaixo e indicar as linhas de cota com os respectivos espaços para os algarismos, de acordo com as regras dadas sobre o modo de cotar. Os algarismos das cotas que se referem ao tamanho serão substituídos pela letra *G* e os que indicam as posições relativas, pela letra *L*.

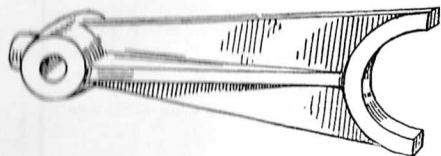



Fig. 490 — Garfo de mudança do eixo secundário

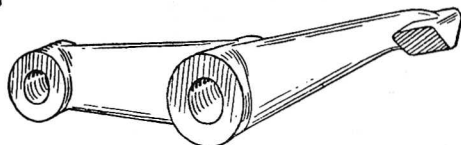



Fig. 491 — Alavanca de travação

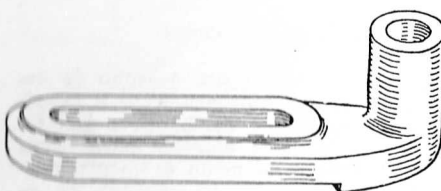



Fig. 492 — Manivela graduável

Fig. 493 — Braço ajustável